



PROJETO DE GRADUAÇÃO

PROPOSIÇÃO DE AMBIENTE DE APRENDIZAGEM ATIVA: LABORATÓRIO ABERTO DE BRASÍLIA

Ana Carolina Zimmermann

Brasília, 09 de julho de 2018.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANA CAROLINA ZIMMERMANN

PROPOSIÇÃO DE AMBIENTE DE APRENDIZAGEM ATIVA:
LABORATÓRIO ABERTO DE BRASÍLIA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Programa de Graduação do curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Desenvolvimento de Serviços

Orientadora: Prof^a Dr^a Andréa Cristina dos Santos

Brasília
2018

Título: Proposição de ambiente de aprendizagem ativa: Laboratório Aberto de Brasília

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Programa de Graduação do curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em: 09/07/2018

Banca examinadora

Orientadora: Prof^ª Dr^a Andréa Cristina dos Santos. Instituição: UnB

Julgamento _____ Assinatura: _____

Professora: Dianne Magalhães Viana Instituição: UnB

Julgamento _____ Assinatura: _____

Professor: João Mello da Silva Instituição: UnB

Julgamento _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, o Grande Engenheiro do Universo, por me proporcionar o dom da vida. Que Ele possa me conceder a graça de ser instrumento de amor e luz aonde quer que eu vá.

À minha mãe, Silvia Zimmermann, pela espiritualidade, pelo incentivo à curiosidade e por compartilhar comigo o fascínio pelo desenvolvimento humano.

Ao meu pai, Sergio Zimmermann, meu maior exemplo de profissional e empreendedor, que além de estar sempre pronto para solucionar problemas, me ensina diariamente que é sempre possível andar mais uma milha.

Obrigada, papai e mamãe, pelo amor incondicional que sempre me foi provido!

Agradeço também ao meu irmão, Daniel Zimmermann, pela parceria e cumplicidade. Nossa conexão me faz ter a certeza de ser a irmã mais feliz do mundo.

Dedico um agradecimento especial para o meu companheiro de jornada, João Vítor Quintiliano, que, com muita ternura e presteza, revisou inúmeras vezes meu texto, sempre contribuindo com boas percepções. Agradeço ainda seus dons culinários, que além de alimentarem meu corpo, também aqueceram meu coração.

Agradeço à minha estimada orientadora, Professora Doutora Andréa Cristina do Santos, pelo convite para empreender essa jornada, pelo carinho e confiança, e por personificar os princípios das metodologias ativas de ensino-aprendizagem. Sou muito grata pela oportunidade de trabalhar ativamente para a construção de um ecossistema mais inovador. Sei que faremos história.

Agradeço a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a feitura deste trabalho. A todos vocês, minha genuína gratidão!

“Onde houver trevas, que eu leve a luz”

(São Francisco de Assis)

*“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende
o que ensina!”*

(Cora Coralina)

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo implementar, na Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, o Laboratório Aberto de Brasília (LAB), um espaço colaborativo de aprendizagem ativa e multidisciplinar para a prototipação. Assim, foi escolhido e empregado um modelo de referência para o projeto e desenvolvimento do serviço a ser prestado pelo LAB. Por conseguinte, foram projetados e implementados: a concepção, o processo e as instalações do serviço. Em seguida, foi realizado o pré-lançamento da operação, de maneira a verificar e validar o atendimento das necessidades levantadas na primeira etapa do modelo. O LAB se mostrou um local seguro e acessível à toda a comunidade, no qual é possível fabricar protótipos, de maneira rápida e com baixo custo. Os equipamentos, selecionados por apresentarem fácil utilização, permitiram ao usuário considerável flexibilidade, possibilitando o uso de diferentes materiais e prototipação de geometrias variadas. Para o aprimoramento dos projetos, também foi oferecido suporte técnico e compartilhamento de experiências com a comunidade de prática. A partir desses resultados, pode-se inferir que a implementação do LAB foi bem-sucedida, se provando uma alternativa de espaço propício para a consolidação de metodologias ativas de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: Metodologias ativas; Desenvolvimento de serviços; Laboratório Aberto; *Makerspace*.

ABSTRACT

The aim of this work was to implement, at the Faculty of Technology of the University of Brasilia, the Laboratório Aberto de Brasília - LAB (Brasilia's Open Lab), a collaborative space for active and multidisciplinary learning through prototyping. Thus, a reference model was chosen and used for the design and development of the service to be provided by LAB. Therefore, the concept, the process and the facilities of the service were designed and implemented. Then, the operation was pre-launched, in order to verify and validate the needs collected in the first stage of the model. LAB has proved to be a safe and accessible place for the whole community, where it is possible to manufacture prototypes quickly and inexpensively. The equipment, selected for easy use, enabled the user considerable flexibility, allowing the use of different materials and prototyping of varied geometries. For the improvement of the projects, technical support and experience sharing with the community of practice was also offered. From these results, it can be inferred that the implementation of the LAB was successful, proving itself as an alternative of propitious space to the consolidation of active teaching-learning methodologies.

Keywords: *Active learning; Service design; Open Laboratory; Makerspace.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura do Trabalho.....	4
Figura 2 - Principais fases identificadas para desenvolvimento de serviços.....	16
Figura 3 - Modelo de referência: Projeto e Desenvolvimento de Serviços.....	18
Figura 4 – Modelo de Desenvolvimento de Serviços expandido	19
Figura 5 - Mapa de <i>Stakeholders</i>	22
Figura 6 - Reunião com parceiros do LAB.....	25
Figura 7 - Possíveis orientações.....	26
Figura 8 - Fachada Laboratório Aberto - Laboratório Aberto FIEMG	30
Figura 9 - Recomendações de segurança - Laboratório Aberto FIEMG.....	30
Figura 10 - Bancada de eletrônica - Laboratório Aberto FIEMG.....	31
Figura 11 - Área <i>maker</i> - Laboratório Aberto FIEMG.....	31
Figura 12 – Bancada multifuncional de marcenaria - Laboratório Aberto FIEMG...	32
Figura 13 - Área <i>maker</i> - Laboratório Aberto FIEMG.....	32
Figura 14 - Equipamentos e máquinas - Laboratório Aberto FIEMG	33
Figura 15 - Copa e gerência- Laboratório Aberto FIEMG	33
Figura 16 - Espaço de convivência - Laboratório Aberto FIEMG	34
Figura 17 - Espaço de convivência - Laboratório Aberto FIEMG	34
Figura 18 - Mesa de reuniões - Laboratório Aberto FIEMG.....	35
Figura 19 - <i>Coworking</i> - Laboratório Aberto FIEMG.....	35
Figura 20 - Sala de treinamento (em construção) - Laboratório Aberto FIEMG	36
Figura 21 - LAB <i>Truck</i> - Laboratório Aberto FIEMG	36
Figura 22 - Sinalização - Anima Lab	38
Figura 23 - Sala de experimentação docente - Anima LAB.....	39
Figura 24 (a) Espaço <i>maker</i> A e (b) Espaço <i>maker</i> B – Anima Lab.....	39
Figura 25 - Espaço <i>maker</i> A - Anima Lab.....	40
Figura 26 - Espaço <i>maker</i> A - Anima Lab.....	40
Figura 27 - Espaço <i>maker</i> B - Anima Lab.....	41
Figura 28 – Bancada de marcenaria - Anima Lab	41
Figura 29 - Espaço <i>maker</i> B - Anima Lab.....	42
Figura 30 – Cortadora a laser - Anima Lab.....	42
Figura 31 - Fresadora CNC - Anima Lab	43
Figura 32 - Protótipos - Anima Lab	43

Figura 33 - <i>Coworking</i> - Anima Lab.....	44
Figura 34 - Copa - Anima Lab.....	44
Figura 35 - Controle de acesso - <i>Fab Lab</i> Insper.....	47
Figura 36 - Armários - Fab Lab Insper.....	47
Figura 37 – Área de Fabricação - <i>Fab Lab</i> Insper	48
Figura 38 – Espaço para marcenaria - <i>Fab Lab</i> Insper	48
Figura 39 - Fresadora de grande formato: <i>ShopBot</i> – <i>Fab Lab</i> Insper.....	49
Figura 40 - Impact Hub Belo Horizonte (Belo Horizonte - MG)	50
Figura 41 - SEED (Belo Horizonte - MG)	51
Figura 42 - GUAJA Café- <i>Coworking</i> (Belo Horizonte - MG).....	52
Figura 43 - Nave à Vela (São Paulo - SP)	53
Figura 44 - O pacote de serviços.....	54
Figura 45 - Matriz de perfil do usuário	57
Figura 46 - Persona: Pesquisador.....	59
Figura 47 - Persona: Construtor(a).....	60
Figura 48 - Persona: Especialista.....	61
Figura 49 - Persona: Empreendedor(a)	62
Figura 50 - <i>Blueprint</i> : pré-serviço.....	66
Figura 51 - <i>Blueprint</i> : serviço	67
Figura 52 - <i>Blueprint</i> : pós-serviço	68
Figura 53 - Localização do Bloco G	82
Figura 54 - Letreiro do LAB sinalizando a entrada	86
Figura 55 - Mesa de projetos revestida em fórmica.....	86
Figura 56 - Impressora 3D Objet30 Pro de tecnologia PolyJet	87
Figura 57 (a) e (b) - Equipamentos de proteção individual.....	87
Figura 58 - Instalação do condicionador de ar.....	89
Figura 59– Antes do Senso de Utilização.....	91
Figura 60 - Depois do Senso de Utilização	91
Figura 61 - Confecção do painel de ferramentas	92
Figura 62 (a) – Coworking antes da limpeza e (b) – Coworking depois da limpeza. 93	
Figura 63 - Bancada antes da limpeza.....	94
Figura 64- Bancada depois da limpeza.....	94
Figura 65 - Célula de Eletrônica	95
Figura 66 - Célula de metalomecânica e marcenaria	96

Figura 67 - Célula de manufatura aditiva	97
Figura 68- Coworking	97
Figura 69- Invólucro da impressora 3D	98
Figura 70 - Instalação de câmeras de segurança.....	99
Figura 71 - LAB antes das melhorias.....	100
Figura 72 – LAB depois das melhorias	100
Figura 73 - Impressora 3D de tecnologia FDM.....	102
Figura 74 - Programação do evento de pré-lançamento.....	108
Figura 75 - Maquete do Projeto Tucunaré.....	109
Figura 76 - Visita de Professores de universidades estrangeira (Holanda e Tunísia)	110
Figura 77 – Reportagem sobre o LAB na revista Imprensa Nacional	111
Figura 78 - Protótipos variados.....	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados para cálculo da capacidade produtiva	103
---	-----

LISTA DE SIGLAS

CAD	<i>Computer-Aided Design</i> (Desenho Assistido por Computador)
EPR	Departamento de Engenharia de Produção
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FAC	Faculdade de Comunicação
FT	Faculdade de Tecnologia
FINATEC	Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos
IES	Instituições de Ensino Superior
LA	Laboratório Aberto
LAB	Laboratório Aberto de Brasília
LABSAM	Laboratório de Segurança Ambiental
MCTIC	Ministério de Ciências, Tecnologia, Inovação e Comunicações
MEC	Ministério da Educação
MPE	Micro e Pequena Empresa
POP	Procedimento Operacional Padrão
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UnB	Universidade de Brasília

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	OBJETIVOS.....	3
1.1.1.	GERAL.....	3
1.1.2.	ESPECÍFICOS	3
1.2.	ESTRUTURA DO TRABALHO	3
2.	REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1.	METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM	5
2.1.1.	Aprendizagem baseada em projetos.....	6
2.1.2.	Aprendizagem baseada em problemas	6
2.1.3.	Aprendizagem baseada em equipes.....	7
2.1.4.	Sala de aula invertida	8
2.2.	MOVIMENTO <i>MAKER</i>	8
2.3.	DESENVOLVIMENTO DE SERVIÇOS	11
2.3.1.	Conceituação.....	12
2.3.1.	Modelos de referência	15
3.	METODOLOGIA	17
4.	PROJETO DA CONCEPÇÃO DO SERVIÇO.....	21
4.1.	ANÁLISE ESTRATÉGICA	21
4.2.	GERAÇÃO E SELEÇÃO DE IDEIAS	27
4.2.1.	Laboratório Aberto FIEMG	27
4.2.2.	Anima Lab	37
4.2.3.	<i>Fab Lab</i> Insper	45
4.2.4.	Outros espaços.....	49

4.3.	DEFINIÇÃO DO PACOTE DE SERVIÇOS	53
4.4.	DEFINIÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DO SERVIÇO.....	56
5.	PROJETO DO PROCESSO DO SERVIÇO	65
5.1.	MAPEAMENTO DOS PROCESSOS DE SERVIÇO.....	65
5.2.	CONTROLE DOS PROCESSOS DE SERVIÇO.....	69
5.2.1.	Procedimentos Operacionais Padrão	69
5.2.1.	Mecanismos à prova de falhas	74
5.3.	PROCESSO DE ENTREGA DO SERVIÇO.....	75
5.4.	RECRUTAMENTO E TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS DE SERVIÇOS ...	76
5.4.1.	Recrutamento	76
5.4.1.1.	Professores.....	77
5.4.1.1.	Alunos	77
5.4.1.1.	Técnicos.....	78
5.4.2.	Treinamento.....	79
6.	PROJETO DAS INSTALAÇÕES DO SERVIÇO.....	80
6.1.	SELEÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES	80
6.2.	GESTÃO DAS EVIDÊNCIAS FÍSICAS	83
6.3.	PROJETO DO ESPAÇO FÍSICO	88
6.3.1.	<i>Seiri</i> – Senso de utilização	90
6.3.2.	<i>Seiton</i> – Senso de organização	92
6.3.3.	<i>Seiso</i> – Senso de limpeza	93
6.3.4.	<i>Seiketsu</i> – Senso de padronização.....	95
6.3.5.	<i>Shitsuke</i> – Senso de disciplina	98
6.4.	CAPACIDADE PRODUTIVA	101
7.	AVALIAÇÃO E MELHORIA DO SERVIÇO.....	105

7.1.	VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO PROJETO DO SERVIÇO	105
7.2.	PRÓXIMOS PASSOS	112
7.2.1.	Captação de recursos	112
7.2.2.	Programa de Extensão	113
7.2.3.	Plataforma digital.....	113
7.2.4.	Expansão das instalações	113
8.	CONCLUSÃO	114
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116
	APÊNDICE I – LISTA DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	122
	APÊNDICE II – EVIDÊNCIAS FÍSICAS	125
	ANEXO I – PROJETO DAS INSTALAÇÕES FÍSICAS	130

1. INTRODUÇÃO

O advento da Quarta Revolução Industrial tem levado a um período de grandes transformações. Evoluções tecnológicas nas mais diversas áreas (internet das coisas, manufatura aditiva, inteligência artificial, robótica, sistemas inteligentes, entre outros) têm modificado significativamente as relações sociais, políticas, econômicas e com elas o mundo do trabalho.

Embora haja discordância a respeito do tempo de impacto dessas transformações, é consenso que o ritmo acelerado de inovação é inédito na história. Os jovens que hoje estudam ou estão no início de suas carreiras vão enfrentar o mais turbulento mercado de trabalho já visto por qualquer outra geração (INFOSYS, 2016). Em revoluções prévias, foram necessárias décadas para que os sistemas educacionais desenvolvessem novos conjuntos de habilidades em larga escala, mas dado o ritmo e tamanho da disrupção trazida pela Indústria 4.0, novas medidas precisam ser tomadas.

Ao passo que há uma ansiedade indefinida (BARBOSA e MOURA, 2013) a respeito desse novo horizonte, os efeitos dessa revolução já podem ser percebidos. Uma pesquisa aponta que 42% dos *millennials* (jovens entre 16 e 25 anos) de nações desenvolvidas e em desenvolvimento acreditam que a educação que tiveram não os preparou suficientemente para o que esperar da vida no trabalho. No mesmo relatório, 73% dos jovens afirmam que tiveram de aprender novas habilidades não ensinadas na escola/universidade para poder desempenhar suas funções (INFOSYS, 2016).

Tais resultados podem ser explicados pela conservação de inúmeras práticas antiquadas do século XX e da formação segmentada, provida em silos, pela maioria dos sistemas educacionais (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016). Blikstein (2013) salienta que as ideias educacionais obsoletas são as responsáveis por minar a autoestima dos alunos, bem como por desperdiçar grande parte do potencial de aprendizagem.

Dessa maneira, fica evidente que a educação convencional não tem sido suficiente para equipar os estudantes para o compasso acelerado e natureza cambiante da vida profissional no mundo moderno (HAKE, 1998; ESCRIVÃO FILHO e RIBEIRO, 2009).

Vários estudos comprovaram a eficácia das metodologias ativas de ensino-aprendizagem (BLACKBURN, 2017; ZHOU, et al., 2016). Entretanto ainda existem uma série de barreiras regulatórias, contratuais, históricas, operacionais ou físicas que dificultam sua adequada implementação (ROCHA et al., 2018). Escrivão Filho e Ribeiro (2009) apontam que no mundo

universitário há predominância de uma fraca interdisciplinaridade e integração tardia dos componentes curriculares entre a teoria e a prática e uma desconexão do mundo acadêmico e o profissional.

Neste contexto, para o pleno aproveitamento dos benefícios oriundos das metodologias ativas de ensino, surge a carência de espaços propícios para sua consolidação. Visando atender essa demanda, bem como melhor preparar os universitários para o cenário futuro, o presente trabalho propõe-se a responder a seguinte questão: Como desenvolver um ambiente favorável à implementação de metodologias ativas de ensino-aprendizagem?

Laboratórios de fabricação digital, também conhecidos como *makerspaces*, são derivados da cultura “faça você mesmo”, configurando-se assim como alternativa de ambiente favorável para a consolidação da aprendizagem ativa.

Dougherty (2012), fundador da *Maker Magazine*, acredita que da mesma maneira que os Estados Unidos encomendaram estudos sobre a manufatura japonesa no passado, as instituições formais também deveriam estudar o Movimento *Maker* a fim de aprender como fomentar um ecossistema de conexões, talentos e aprendizados de forma a estimular uma economia e sociedade mais inovadoras.

No Brasil, um programa de incentivo à inovação do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI tem promovido a abertura de laboratórios de prototipação com a finalidade de fomentar a inovação na indústria, os quais são chamados de Laboratórios Abertos - LA (PIRES, 2014).

No final de 2016 a Universidade de Brasília, em parceria com a Fundação de Apoio a Empreendimentos Científicos e Tecnológicos - FINATEC e com o SENAI, angariou recursos com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC para a implementação de um Laboratório Aberto na Universidade de Brasília - UnB.

Embora existam outros LAs no Brasil fora de universidades, o Laboratório Aberto de Brasília (LAB) carrega características intrínsecas por estar inserido dentro de uma instituição de ensino superior - IES. O LAB, por essência, busca aprimorar a experiência dos alunos através da colaboração multidisciplinar, acesso à tecnologia para a prototipação rápida e aumento do engajamento da comunidade acadêmica.

Para garantir que esses propósitos sejam satisfeitos, torna-se fundamental a concepção de conceitos, processos e instalações do serviço que sejam adequados ao contexto da instituição hospedeira. Este desafio se configura como a justificativa para a realização deste estudo.

1.1. OBJETIVOS

A fim de propor uma alternativa para apoiar a solução dos problemas expostos anteriormente, são apresentados os objetivos gerais e específicos deste trabalho.

1.1.1. GERAL

O objetivo deste trabalho consiste em projetar e desenvolver o serviço a ser prestado pelo Laboratório Aberto de Brasília, um ambiente de aprendizagem ativa, de forma a contribuir para a melhor formação dos estudantes da UnB e o ecossistema de inovação brasiliense.

1.1.2. ESPECÍFICOS

Para a consecução do objetivo geral os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

1. Realizar revisão da literatura sobre metodologias ativas, *makerspaces* e desenvolvimento de serviços;
2. Selecionar um modelo de para o desenvolvimento de serviços para implantação do LAB;
3. Implementar e avaliar resultados da implementação.

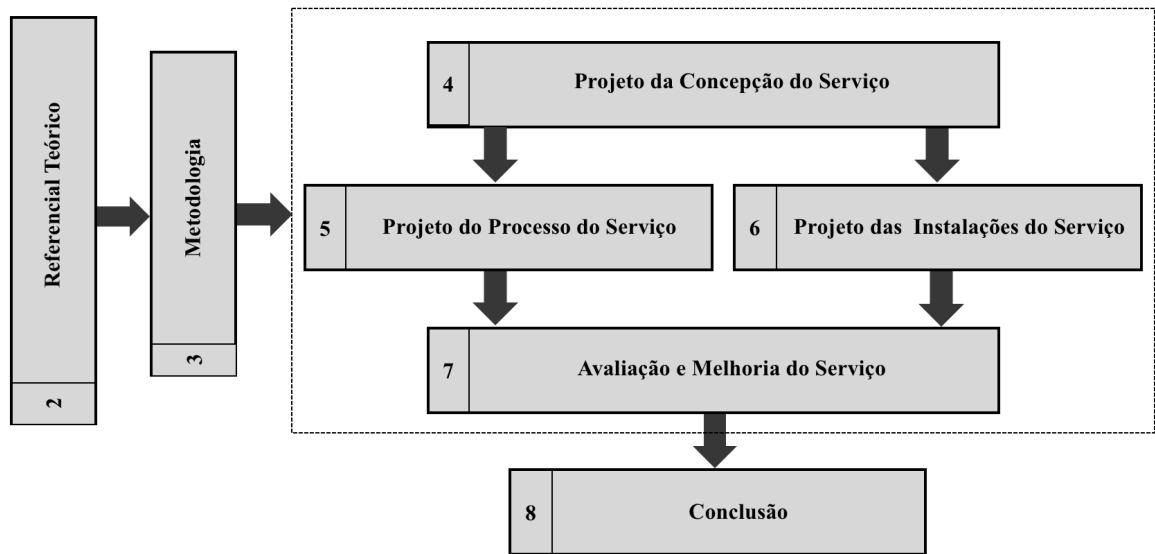
1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em oito capítulos. Em primeiro lugar, é apresentada a introdução, Capítulo 1, em que são exibidos a problematização, justificativa e os objetivos da pesquisa, além da estrutura escolhida para a redação deste documento. Em seguida, o Capítulo 2 apresenta a revisão da literatura, na qual é feito um apanhado das teorias que guiam as análises apresentadas posteriormente e subsidiam a escolha do modelo de referência, apresentado no Capítulo 3, que exhibe a metodologia.

Os resultados obtidos são descritos nos quatro capítulos seguintes: Capítulo 4, que apresenta o desenvolvimento do conceito do serviço; Capítulo 5, retratando o desenvolvimento do projeto do processo do serviço; Capítulo 6, com o projeto das instalações do serviço; e o Capítulo 7 evidenciando a avaliação e melhoria do serviço.

As conclusões e as proposições de trabalhos futuros são apresentadas no Capítulo 8 do presente documento e nele estão elencadas as análises quanto ao desenvolvimento da pesquisa, além de indicações de projetos decorrentes. A Figura 1 apresenta a abordagem escolhida para a estruturação do trabalho.

Figura 1 - Estrutura do Trabalho



Fonte: a autora

2. REVISÃO DA LITERATURA

A fundamentação teórica deste trabalho está estruturada em torno de três temas principais. No primeiro tópico, são apresentadas as Metodologias Ativas de Ensino-Aprendizagem e algumas de suas abordagens. O segundo tema se refere ao Movimento *Maker* e suas influências no aprendizado. Já o terceiro contempla os conceitos de serviço, bem como os modelos de referência para o seu desenvolvimento.

2.1. METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Tendo em vista o problema exposto, é urgente a busca por novas alternativas e metodologias de ensino que promovam a autonomia dos alunos, encorajando o seu protagonismo. É com esse viés que são apresentadas as metodologias ativas, como possibilidade de deslocamento da perspectiva do docente (ensino) para o estudante (aprendizagem)

Enquanto o método tradicional prioriza a transmissão de informações e tem sua centralidade na figura docente, no método ativo, os estudantes ocupam o centro das ações educativas e o conhecimento é construído de forma colaborativa.

Devido à essas características, as metodologias ativas têm sido amplamente difundidas em instituições brasileiras de ensino superior (ABREU, 2009). Apesar da recente propagação, é importante salientar que seus fundamentos não constituem em novidade, visto que os princípios de métodos ativos remontam às teorias de aprendizagem já consagradas, como a aprendizagem pela experiência (DEWEY, 1978), aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1968), teoria construtivista (PIAGET, 1976) e a perspectiva da autonomia (FREIRE, 2007).

Segundo Berbel (2011), as metodologias ativas utilizam experiências reais ou simuladas para o desenvolvimento do processo de aprender, com o objetivo de encontrar soluções para os desafios originados das atividades essenciais da prática social, em diferentes contextos.

Paralelamente, Freire (1996) argumenta que para alavancar a aprendizagem, são essenciais a resolução de problemas, superação de desafios e a construção de novos conhecimentos a partir de experiências prévias.

Diesel et al. (2017) aponta sete princípios comuns às metodologias ativas de ensino:

- O aluno é o centro do processo de ensino-aprendizagem;
- Autonomia – o estudante é protagonista do seu aprendizado;
- O pensamento crítico é estimulado, a reflexão é um valor importante;
- Problemática da realidade, aproximando a sala de aula com o mundo real;

- Trabalho em equipe é visto como elemento de mobilização para a construção de conhecimento;
- Inovação – é necessário ousadia para inovar no âmbito educacional;
- O papel do professor é de facilitador.

Há grande diversidade de metodologias ativas com o potencial de estimular a autonomia e pensamento crítico dos alunos. Dentro o universo das metodologias praticadas no ensino superior, neste trabalho serão destacadas quatro: Aprendizagem Baseada em Projetos, Aprendizagem Baseada em Problemas, Aprendizagem Baseada em Times e a Sala de Aula Invertida.

2.1.1. Aprendizagem baseada em projetos

Das metodologias ativas empregadas no ensino superior, a aprendizagem baseada em projetos é uma das que mais tem ganhado destaque, em especial no que se refere à formação de profissionais de engenharia (SOARES et al., 2013; FRANK et al., 2003). Neste método, os estudantes formam equipes que têm um objetivo em comum a ser atingido e, para tanto, empregam habilidades necessárias no desenvolvimento de projetos como: *design*, resolução de problemas, aperfeiçoamento das soluções, etc.

De acordo com Barbosa e Moura (2013) existem três modalidades do método: i) Projeto construtivo: tem como cerne a inovação, com a proposta de uma nova solução para um problema; ii) Projeto investigativo: aplica o método científico para o desenvolvimento de uma pesquisa sobre uma questão ou situação; iii) Projeto didático: visa explicar os princípios científicos de sistemas a partir de perguntas do tipo “para que serve?” “como funciona”, entre outros. Ainda conforme os mesmos autores, no século XIX, Dewey (1978) já preconizava a ideia da construção de conhecimentos utilizando projetos como recurso educacional.

Como vantagens são apontadas: a melhora da aprendizagem, visto que os alunos devem se adaptar frente a cenários imprevisíveis na sala de aula, maior engajamento dos estudantes, suporte ao alcance de metas do currículo, o ensino se torna mais agradável e gratificante, além de conectar os alunos com a comunidade e o mundo.

2.1.2. Aprendizagem baseada em problemas

Originado na década de 60 nas escolas de medicina, o método de aprendizado baseado em problemas é caracterizado pelo estudo de simulações ou problemas autênticos, de forma a encorajar os estudantes a desenvolverem o pensamento crítico, habilidades de resolução de

problemas e demais competências necessárias para solucionar o desafio na área em questão (RIBEIRO, et al. 2003).

Segundo Woods (2000), para garantir o protagonismo do aluno nesta metodologia, é importante este realize as seguintes atividades: i) entender o problema e sugerir hipóteses; ii) buscar solucionar o problema com o que se sabe, percebendo a aplicabilidade do conhecimento atual; iii) discernir quais conhecimentos ainda não são dominados, mas são necessários para a resolução do problema; iv) estabelecer e priorizar os objetivos de aprendizagem; v) delegar responsabilidades para o estudo autônomo da equipe; vi) compartilhar o novo conhecimento com todos os membros do time; vii) empregar o conhecimento para a resolução do desafio; viii) analisar a solução proposta e refletir sobre o processo de aprendizado.

Algumas vantagens dessa abordagem são a promoção da visão sistemática ao se unir todos os objetivos educacionais no processo de aprendizagem e o desenvolvimento da consistência no trabalho, visto que é exigido dos alunos frequente ordenação e síntese do conhecimento aprendido. Como desvantagem são apontados a lentidão do processo, dificuldade de avaliação devido à incompatibilidade do método com os atuais critérios de avaliação e é exigido um maior preparo e disponibilidade do professor, pois é um processo complexo (YOUNG DIGITAL PLANET, 2016).

O PBL é um método que constrói uma formação do indivíduo em todas suas etapas. Hoffman et al. (2006), afirma que os alunos formados utilizando essa metodologia são mais independentes, realizam melhor integração da prática-teoria, comprovando a eficácia do PBL.

2.1.3. Aprendizagem baseada em equipes

O trabalho com metodologias ativas de ensino estimula a interação frequente entre os alunos. Nessa perspectiva, “o ponto de partida é a prática social do aluno que, uma vez considerada, torna-se elemento de mobilização para a construção do conhecimento” (ANASTASIOU e ALVES, 2004, p. 6).

Segundo Michaelson e Sweet (2008), o aprendizado baseado em equipes é projetado para fornecer tanto conhecimento conceitual, quanto processual. O conteúdo do curso é organizado em blocos e os alunos são divididos em equipes permanentes. A tomada de decisões deve ser embasada nos conceitos da disciplina e por meio das discussões grupo.

Esse movimento de interação constante com os colegas e com o professor, leva o estudante a constantemente refletir sobre as situações, bem como emitir sua opinião a respeito delas, argumentar e se expressar (DIESEL et al. 2017).

Os alunos estudam materiais específicos antes dos trabalhos e então é aplicado um teste a respeito das ideias-chave; em seguida, o teste é refeito em grupo, chegando a um consenso sobre as respostas da equipe. Por fim, os estudantes devem apresentar o conteúdo, possibilitando ao professor realizar correções e esclarecer eventuais dúvidas (ROCHA e LEMOS, 2014).

2.1.4. Sala de aula invertida

Mais recentemente, o movimento das metodologias ativas cunhou o termo *flipped classroom*, ou sala de aula invertida (ROSSI, 2014). Nesse método, a parte teórica é estudada pelos alunos previamente à aula, em casa, partindo de pesquisas, projetos, vídeos, enquanto para a aula são reservadas as atividades relacionadas à prática, como tirar dúvidas e a aplicação e discussão do conteúdo (DA CONCEIÇÃO et al., 2017).

Segundo Moran (2000) há uma série de regras básicas para se realizar essa inversão com sucesso, são elas: i) o aluno deve recuperar o e aplicar em sala o conteúdo aprendido em casa, através de questionamento e resolução de problemas; ii) deverão ser realizados *feedbacks* instantâneos nas atividades presenciais; iii) os alunos são incentivados a participar tanto das atividades em casa, quanto das presenciais; iv) os ambientes de aprendizado devem ser bem planejados e estruturados.

É apontada como vantagem a maior possibilidade de se debater e interagir sobre o assunto, bem como permitir que os alunos encontrem suas próprias respostas e discutam questões que não tenham ficado claras. Como desafios são levantados a variabilidade do processo, pois os alunos que não tiverem cumprido as atividades com antecedência podem encontrar dificuldades em participar ativamente em aula e os professores por vezes não têm condições de preparar materiais didáticos de forma independente (YOUNG DIGITAL PLANET, 2016).

2.2. MOVIMENTO MAKER

O advento de novas tecnologias de fabricação, somado à redução de custo de outras, possibilitou a aproximação de pessoas comuns a equipamentos que antigamente eram considerados sofisticados e inacessíveis. Anderson (2012) apresenta o Movimento *Maker* como “a nova revolução industrial”, caracterizando-o pelo uso de ferramentas digitais, normas sociais de compartilhamento de *designs* e padrões de *design* comuns para facilitar o compartilhamento e rápida iteração.

Wilczynski et al. (2016) descreve *makerspaces* (também chamados de *Fab Labs*, espaços-*maker*, laboratórios de fabricação digital, laboratórios abertos, entre outros) como espaços

físicos onde *makers* (ou “fazedores”) podem utilizar ferramentas de fabricação digital e equipamentos eletrônicos para criar, projetar e produzir novos objetos e sistemas. Os autores reforçam que esse termo não está limitado apenas ao espaço, mas inclui toda a comunidade de membros que participa de suas atividades.

É argumentado que para ser considerado um *makerspace*, é necessário o cumprimento de cinco critérios: i) rede colaborativa; ii) biblioteca de projetos; iii) laboratório de aprendizado; iv) treinamento e suporte; v) ferramentas (tanto de *software* quanto *hardware*) (HLUBINKA et al., 2013).

No entanto, não há consenso no que constitui um *makerspace*. Existe uma grande variedade de propósitos, materiais, público-alvo, modelo de negócios, equipe e atividades. Em suma, cada espaço de fabricação digital é único e a maneira como eles contribuem para a comunidade local é moldada pelos seus fundadores e membros.

Embora até então comprovações empíricas sejam limitadas a respeito da influência da cultura *maker* no aprendizado, Martin (2015) apresenta uma série de razões pelas quais o “fazer” é importante para o processo de aprendizagem. Esses motivos envolvem desde o acesso às ferramentas sofisticadas de construção e de pensamento, estímulo à criatividade e alta tolerância a erros, até uma mentalidade de crescimento em que o conhecimento é compartilhado.

Trazendo esses conceitos para uma abordagem mais centrada na educação superior, Gershenfeld (2008) define os *Fab Labs* como ambientes pedagógicos que possibilitam qualquer indivíduo a resolver seus próprios problemas através da fabricação. Essa iniciativa é uma das grandes responsáveis pela crescente tendência de implementação de *makerspaces* em instituições de ensino superior, em especial àquelas ligadas ao ensino de engenharia.

Apesar da expansão do movimento nas universidades, a literatura científica ainda se mostra muito incipiente, tendo mostrado um aumento mais expressivo a partir de 2014. Zimmermann (2018) considera o papel emergente do Movimento *Maker* na educação em engenharia e apresenta as abordagens de estudo mais relevantes para o tema até então. As principais contribuições dos artigos mais influentes são exibidas no Quadro 1.

Quadro 1 - Artigos mais citados e suas contribuições

Artigo	Autores	Principais contribuições
<i>Maker Movement in Education</i>	HALVERSON, Erica Rosenfeld; SHERIDAN, Kimberly. (2014)	Propõe um modelo para perguntas de pesquisa, decisões de <i>design</i> e elaboração de políticas estruturado por três componentes: i) "o fazer" como conjunto de atividades; ii) <i>makerspaces</i> como comunidades de práticas; iii) <i>makers</i> como identidade de participação. Apresentam o Movimento Maker como tendo suas raízes no Construtivismo.
<i>Learning in the making: A comparative case study of three makerspaces</i>	SHERIDAN, Kimberly et al. (2014)	Descreve como os <i>makerspaces</i> ajudam os indivíduos a identificar problemas, construir modelos, aprender e aplicar habilidades, revisar ideias e partilhar o novo conhecimento com os outros.
<i>Design, make, play: growing the next generation of STEM innovators</i>	HONEY, Margaret; KANTER, David E. (2013)	Apresenta a metodologia <i>design-make-play</i> como propulsora de engajamento de crianças para com a ciência.
<i>Makers: the new industrial revolution</i>	CHRIS, Anderson (2012)	O autor defende que movimento <i>maker</i> é a nova revolução industrial, principalmente pela democratização da manufatura. Ele referencia três características do Movimento <i>Maker</i> : uso de ferramentas digitais, a norma cultural de compartilhar projetos e o uso de padrões de projetos para seu compartilhamento
<i>Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas</i>	PAPERT, Seymour (1980)	O autor acredita que é possível “aprender sem ser ensinado” e que os computadores podem mudar a maneira como o aprendizado ocorre.
<i>Maker movement manifesto</i>	HATCH, Mark (2014)	O manifesto aponta que a cultura <i>maker</i> está organizada em torno de nove ideias centrais: fazer, dar, dividir, aprender, se equipar, brincar, participar, apoiar e mudar.
<i>Effective principals skillfully balance leadership styles to facilitate student success: A focus for the reauthorization of ESEA</i>	PEPPER, Kaye (2010)	O artigo sustenta a premissa que diretores que consigam balancear os estilos de liderança transacional e transformacional conseguem posicionar melhor suas escolas.
<i>Electronic textiles as disruptive designs: Supporting and challenging maker activities in schools</i>	KAFAL, Yasmin; FIELDS, Deborah; SEARLE, Kristin. (2010)	Descrevem o a aplicação de tecnologias como e-têxteis como uma atividade <i>maker</i> disruptiva, que desenvolve tanto habilidades técnicas, quanto socioemocionais.
<i>The maker movement</i>	DOUGHERTY, Dale (2012)	Argumenta que todos os seres humanos são “fazedores” por natureza e descreve o surgimento de marcos importantes para o Movimento Maker como a revista <i>Make</i> e o evento <i>Maker Faire</i> . Aponta que a essência do movimento está no compartilhamento.

<i>Digital fabrication and making in education: The democratization of invention</i>	BLIKSTEIN, Paulo (2013)	Discute que muito do que os laboratórios de fabricação digital podem proporcionar já era previsto por Freire, Dewey e Seymour. Apresenta diretrizes para o <i>design</i> de ambientes de aprendizagem com foco na incorporação de tecnologias.
<i>Fab: the coming revolution on your desktop--from personal computers to personal fabrication</i>	GERSHENFELD, Neil. (2008)	O autor prevê uma época em que os computadores serão tidos como “fabricadores pessoais”, possibilitando aos usuários projetar e criar seus próprios objetos, em vez de comprar produtos existentes.
<i>Invent to learn: Making, tinkering, and engineering in the classroom</i>	MARTINEZ, Sylvia Libow (2013)	É um guia prático para a educação fundamental sobre o porque e como aplicar os princípios do movimento <i>maker</i> na sala de aula.
<i>The promise of the maker movement for education</i>	MARTIN, Lee. (2015)	Descreve três elementos do movimento <i>maker</i> necessários na educação: i) ferramentas digitais tanto de prototipagem rápida, como plataformas de micro controladores; ii) infraestrutura de comunidade, espaços e eventos e iii) a mentalidade <i>maker</i> , hábitos da comunidade. Ressalta o cuidado para não se tornar uma abordagem centrada nas ferramentas.
<i>Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change</i>	BANDURA, Albert. (1977)	Apresenta um modelo para explicar e prever mudanças psicológicas alcançadas por diferentes tipos de tratamento. No modelo, as expectativas de eficácia são derivadas das realizações de desempenho, experiências construídas, persuasão verbal e estados fisiológicos.
<i>The maker mindset</i>	DOUGHERTY, Dale (2013)	O autor acredita que a origem do Movimento <i>Maker</i> é a “brincadeira experimental” e a grande oportunidade e desafio para o movimento é a transformação da educação. Também é enfatizado a importância do desenvolvimento da mentalidade <i>maker</i> para se obter a verdadeira inovação.
<i>Engineering design thinking, teaching, and learning</i>	DYM, Clive L. et al. (2005)	São explorados diferentes modelos pedagógicos para o ensino de <i>design</i> , e examinadas as avaliações de seu sucesso, incluindo a abordagem de aprendizagem baseada em projetos (PBL).

Fonte: ZIMMERMANN, 2018

Argumenta-se ainda que há uma numerosa quantidade de estudos relacionados à educação em engenharia, mas eles se configuram de maneira difusa e não há destaque para um autor em específico ou abordagem dentro desse contorno. Tal constatação reforça a necessidade de maior empenho na produção acadêmica a respeito do Movimento *Maker* e sua influência no desenvolvimento de competências de engenharia.

2.3. DESENVOLVIMENTO DE SERVIÇOS

Este tópico é dividido entre os conceitos básicos sobre Projeto e Desenvolvimento de Serviços e os modelos de referência da área.

2.3.1. Conceituação

As evoluções tecnológicas previamente citadas, afetam não somente o desenvolvimento de novos produtos, mas também impactam o mundo dos serviços. A internet, telecomunicações, computadores e equipamentos com *wi-fi* possibilitam o surgimento de novos modelos de negócios e principalmente o desenvolvimento de serviços inovadores.

Devido a sua abrangência e intangibilidade, conceituar serviços está longe de ser uma tarefa trivial. Moritz (2005) apresenta seis fatores que são frequentemente utilizados para a caracterização de serviços:

- Não são tangíveis;
- Não são separáveis do seu consumo;
- Não podem ser estocados;
- Não podem ser possuídos;
- Serviços são uma experiência complexa;
- Sua qualidade é de difícil mensuração.

Embora a prática de serviços seja muito antiga, projetar sua concepção de maneira consciente é um tanto quanto novidade. A literatura se apresenta mais abundante a respeito do desenvolvimento de produtos, mas ao mesmo tempo, tem se mostrado crescente quanto ao projeto e desenvolvimento de serviços. Uma explicação para tal fenômeno é a transformação de economias industriais em economias baseadas no conhecimento, o que exige maior domínio do *design* de serviços.

É importante ressaltar que *design* no contexto deste trabalho, não deve ser relacionado à estética de um objeto, e sim ao conceito de “desígnio”. De acordo com Moura et al. (2003), *design* significa “ter e desenvolver um plano, um projeto, significa designar. É trabalhar com a intenção, com o cenário futuro, executando a concepção e o planejamento daquilo que virá a existir”.

De acordo com Buchanan (2001) as áreas de atuação cujas definições são consenso, tendem a estar letárgicas e estacionárias. Assim, o autor qualifica a ausência de uma única definição do *design* como uma das suas principais vantagens, caracterizando-o como campo emergente e em plena transformação. Baseado nessa ideia, o Quadro 2 apresenta diferentes definições de *design* de serviços.

Quadro 2 - Definições de *Design* de Serviços

Fonte	Definição
Moritz (2005)	<i>Design</i> de Serviços ajuda a inovar (criar novos) ou melhorar serviços existentes, para fazê-los mais úteis, usáveis, desejáveis para os clientes, bem como efetivo e eficiente para as organizações. É um campo holístico, multidisciplinar e integrativo.
The Copenhagen Institute of Interaction Design (2008)	<i>Design</i> de Serviços como prática geralmente resulta no <i>design</i> de sistemas e processos objetivando prover um serviço holístico para o usuário.
Mager (2009)	<i>Design</i> de Serviços tem por objetivo garantir que as interfaces dos serviços são úteis, utilizáveis e desejáveis pelo ponto de vista do cliente, e efetivo, eficiente e distinto, pelo ponto de vista do fornecedor.
frontier service design (2010)	<i>Design</i> de Serviços é uma maneira holística para um negócio obter entendimento empático e compreensivo das necessidades do cliente.
Continuum (2010)	<i>Design</i> de Serviços é desenvolver os ambientes, ferramentas e processos que ajudam os colaboradores a entregar serviços superiores em uma maneira que é prioritária para a marca.
live work (2010)	<i>Design</i> de Serviços é a aplicação de processos de design e habilidades para o desenvolvimento de serviços. É uma maneira criativa e prática de melhorar serviços existentes e inovar em novos serviços.
31 volts service design (2008)	Quando você tem duas cafeterias, uma ao lado da outra, e cada uma vende exatamente o mesmo café com o mesmo preço, <i>Design</i> de Serviços é o que faz você entrar em uma e não em outra.

Fonte: adaptado de Stickdorn (2011)

Segundo Moritz (2005), que diferencia o *design* de serviços é que ele genuinamente representa a perspectiva do cliente, integrando expertise de diferentes disciplinas, num processo iterativo e de contínuo progresso.

Mager (2006) aponta alguns princípios básicos que devem ser cumpridos para o seu bom funcionamento:

- Enxergar o serviço como um produto;
- Focar no benefício do cliente;
- Mergulhar no mundo do cliente;
- Olhar o sistema como um todo;
- Projetar a experiência;
- Criar evidências percebíveis;
- Recrutar, desenvolver e empoderar pessoas;
- Definir padrões flexíveis;

- Entender que o produto tem vida;
- Ser entusiástico.

A seguir são apresentados conceitos-chave essenciais para o desenvolvimento deste trabalho:

Mapa dos stakeholders. É uma ferramenta para identificar quem tem interesse em determinado assunto. Representa o sistema no qual o serviço está inserido e é importante para se conhecer as relações entre os atores. (SVENDSEN e LABERGE, 2007)

Benchmarking. É um método definido por Slack, Chambers e Johnston (2009, p.568) como o “processo de aprender com os outros”. Os autores argumentam que a realização da técnica inclui investigar práticas de operações comparáveis, de maneira a derivar ideias que poderiam contribuir para o crescimento da organização.

Personas. Segundo Moritz (2005), personas são personagens fictícios que representam padrões dos usuários de um serviço. Através desses arquétipos, é possível gerar *insights* mais profundos a respeito das diferentes experiências de serviço vividas. Essas informações são importantes para o melhor embasamento da tomada de decisão do time.

Touchpoints. São os pontos de contato, ou momentos de interação com o cliente que fazem a experiência do serviço. São os tangíveis, como objetos, espaços, pessoas ou interações que fazem com que a experiência do serviço seja completa (MORITZ, 2005).

Frontstage. Também conhecido *front office* ou linha de frente, são os pontos em que os provedores entram em contato com os clientes (MORELLI, 2002).

Linha de interação, interação interna e visibilidade. Linha de interação é aquela na qual os clientes interagem com o *frontstage*; a linha de visibilidade separa o que os clientes podem ver do que as ações que eles não têm contato; e a linha de interação interna distingue as atividades do *backstage* dos processos de suporte (MELLO, 2005).

Backstage. De acordo com Morelli (2002) o *back office* ou retaguarda, são as atividades realizadas para facilitar o serviço que não têm contato com o cliente. O *backstage* não é visto, mas é sentido em inúmeros aspectos, pois para cada serviço há uma enorme complexidade por trás.

Mapeamento dos processos. Johnston e Clark (2002) definem o mapeamento dos processos como a técnica de se colocar em um gráfico o processo do serviço para orientação em suas fases de avaliação, desenho e desenvolvimento.

Blueprint de serviço. Segundo Shostack (1984), o *blueprint* é um diagrama visual do sistema de entrega do serviço, que detalha o *frontstage* e o *backstage* a partir das ações do usuário. Seu maior benefício é o provimento de uma visão holística e precisa do sistema.

Procedimentos operacionais padrão. Esses roteiros são instruções detalhadas que orientam a forma de agir do colaborador, são ferramentas para padronização de atividades do pessoal de linha de frente (CORRÊA e CAON, 2002).

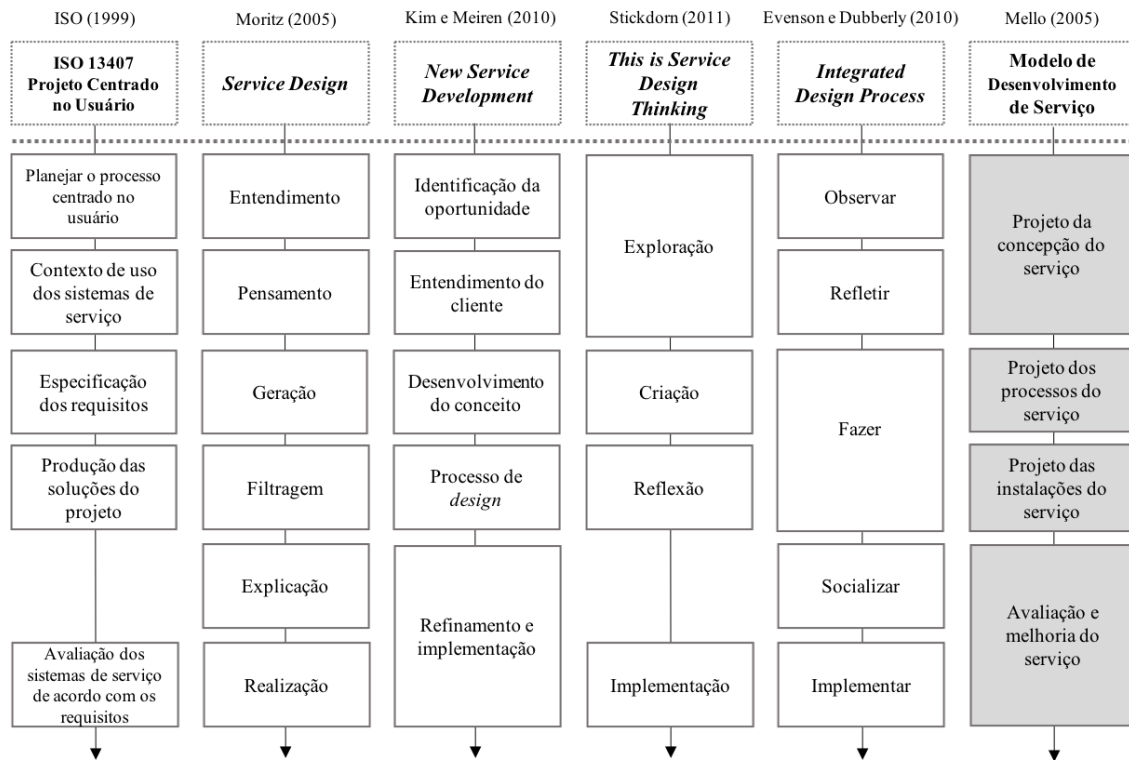
Poka-yoke. Criados para se prevenir a ocorrência de falhas em operações de serviço, os *poka-yokes*, também conhecidos como “mecanismos à prova de falhas”, podem ser divididos em duas categorias: *poka-yokes* do cliente e *poka-yokes* do provedor. O primeiro refere-se aos mecanismos à prova de falhas na preparação do encontro do serviço, no próprio encontro ou em sua conclusão. Já o segundo, consiste em mecanismos que evitem erros nas tarefas a serem realizadas, tratamento com o cliente ou aspectos tangíveis do serviço. (CHASE e STEWART, 1994)

2.3.1. Modelos de referência

Esta pesquisa estudou seis modelos propostos para o projeto e desenvolvimento de serviços, com o objetivo de destacar suas principais fases e formas de implementação. São eles: i) Projeto Centrado no Usuário – ISSO 13407 (ISO, 1999); ii) *Service Design* (MORITZ, 2005); iii) *New Service Development* (KIM e MEIREN, 2010); iv) *This is Service Design Thinking* (STICKDORN, 2011); v) *Integrated Design Process* (EVENSON e DUBBERLY, 2010) e vi) Modelo de Desenvolvimento de Serviço (MELLO, 2005).

A Figura 2 apresenta a comparação dos modelos estudados, apontando as etapas que se destacam no processo de projeto e desenvolvimento de serviços de cada um.

Figura 2 - Principais fases identificadas para desenvolvimento de serviços



Fonte: a autora

Alonso-Rasgado et al. (2004) indicam que muito se foi investido em precisar o "conceito de serviço", mas pouco esforço foi empregado em desenhar uma metodologia factível de ser aplicada quando desenvolvendo o conceito de serviço para resolução de problemas reais.

Os modelos estudados têm características semelhantes quanto à concepção do serviço, no entanto, o modelo proposto por Mello (2005) se destaca por apresentar maior ênfase em sua aplicação, além de ter sido concebido como proposta para empresas prestadoras de serviços brasileiras. Ainda sobre esse modelo, as fases do processo do projeto do serviço e de projeto das instalações do serviço se sobressaem em comparação às outras, por trazerem mais tangibilidade para a implementação do serviço.

3. METODOLOGIA

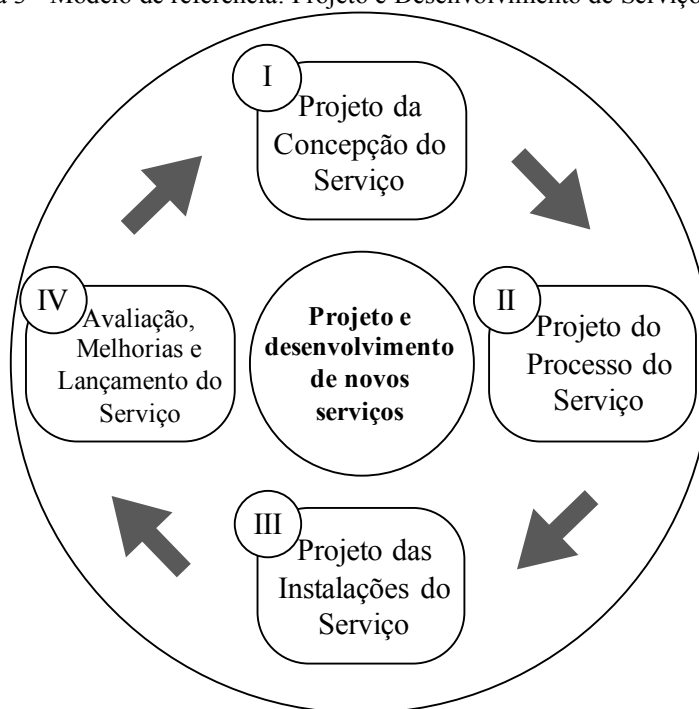
O presente trabalho pode ser classificado como uma pesquisa de natureza aplicada de abordagem qualitativa com caráter descritivo. O estudo utiliza a pesquisa-ação, descrita por Tripp (2005, p.447) como “uma forma de investigação-ação que utiliza técnicas de pesquisa consagradas para informar a ação que se decide tomar para melhorar a prática”. Na pesquisa-ação, os pesquisadores e participantes (alunos de graduação e pós-graduação, técnicos administrativos e parceiros) estão envolvidos de forma cooperativa e participativa nos resultados.

Para Carr e Kemmis (1988), o processo de investigação-ação pode ser representado por uma espiral cíclica, composta por quatro momentos: planejamento; ação; observação (avaliação) e reflexão (teorização). No primeiro momento, é desenvolvido um plano de ação com base numa informação crítica e intencionalidade de melhorar determinado contexto. Em seguida, o plano acordado é desenvolvido e posto em andamento. Depois, os efeitos da ação são observados e, por fim, a reflexão a respeito dos resultados é utilizada como ponto de partida para o novo ciclo. Cada etapa precede a outra e processo ocorre de maneira iterativa.

Toledo, Giatti e Jacobi (2014) apontam que as necessidades e demandas encontradas durante o processo podem interferir em adequações metodológicas, permitindo que diferentes direções sejam tomadas no decorrer do seu desenvolvimento. Essa dinamicidade da metodologia em questão exige uma constante reflexão a respeito dos resultados das ações em todas as etapas do processo, de maneira a realizar ajustes na investigação do problema.

Para o atendimento dos objetivos mencionados, este trabalho utilizará como modelo de referência o Projeto e Desenvolvimento de Serviços (MELLO, 2005), cujas etapas estão representadas na Figura 3.

Figura 3 - Modelo de referência: Projeto e Desenvolvimento de Serviços



Fonte: Mello, 2005

A seguir é descrito como se dará a implementação do modelo.

Etapa I: Projeto da concepção do serviço. Esta etapa é constituída de quatro fases: Análise estratégica; Geração e seleção de ideias; Definição do pacote de serviços e Definição das especificações.

Em primeiro lugar, será desenvolvido um mapa de *stakeholders*, de maneira a estabelecer uma visão sistêmica do serviço e do contexto em que ele irá operar. Neste mapa serão listados os atores afetados pelo serviço, bem como eles se inter-relacionam, revelando novas oportunidades e inspirando *insights*.

Em seguida, será realizado um *benchmarking*, mapeando os *makerspaces* - referência no Brasil através de pesquisa pela internet. O método de amostragem a ser utilizado será a amostragem intencional, levando em consideração a disponibilidade e resposta dos espaços abordados. Também serão aplicadas entrevistas semiestruturadas nesses locais em relação aos seguintes tópicos: maquinário; *design* do espaço de trabalho; público-alvo; modelo de negócios; papéis e atividades e perfil do usuário. As respostas serão analisadas e classificadas, buscando encontrar padrões.

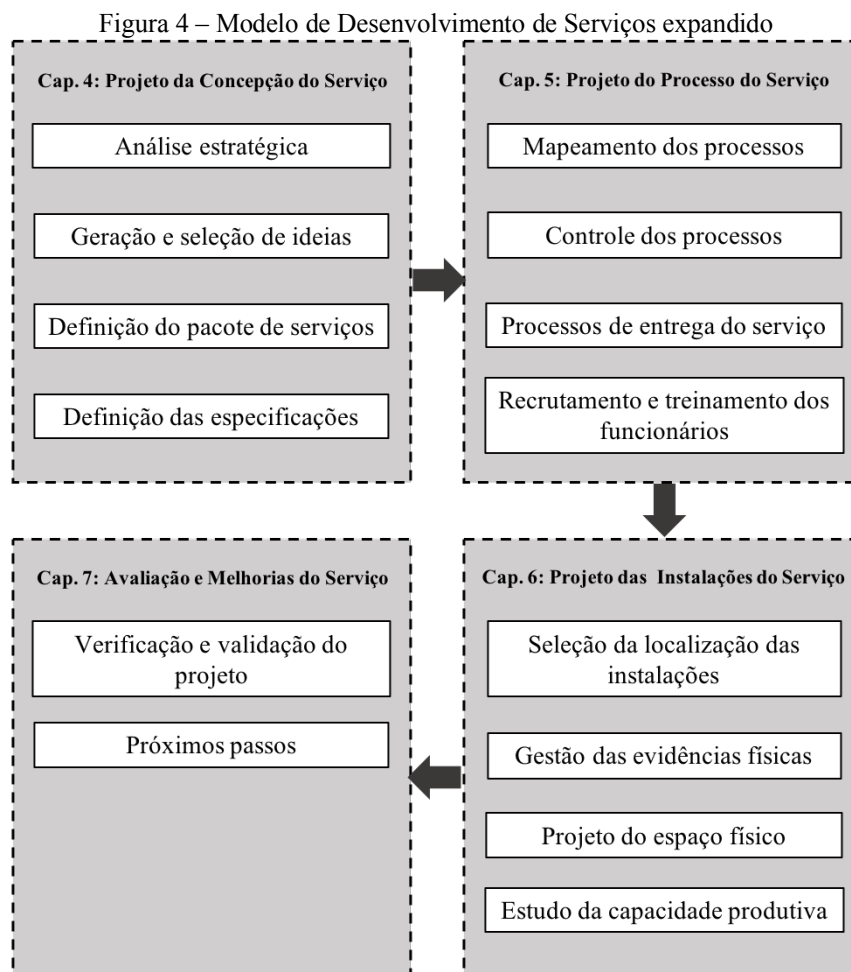
Baseado na pesquisa anterior serão desenhadas personas, de forma a representar os padrões que foram identificados. A partir das necessidades dos usuários, serão definidas as especificações do serviço que guiarão as demais fases do projeto.

Etapa II: Projeto do processo do serviço. Partindo da perspectiva do cliente, nesta etapa será realizado o mapeamento do processo do serviço. Em seguida, serão desenvolvidos procedimentos operacionais padrão e mecanismos à prova de falhas para o controle das atividades críticas. Também será avaliado o processo das entregas do serviço e desenvolvida a estrutura de recursos humanos.

Etapa III: Projeto das instalações do serviço. Após a conclusão do projeto do processo do serviço, será selecionada a localização das instalações. Depois, são listadas as evidências físicas que contribuem para dar maior tangibilidade e percepção de valor ao serviço. Através da ferramenta 5S, será desenvolvido e aplicado o projeto do espaço físico. Por fim, será realizado um estudo da capacidade produtiva do serviço de manufatura aditiva.

Etapa IV: Avaliação e melhoria do serviço. Uma vez que o conceito estiver bem definido e refinado, será realizado o protótipo do serviço, para que sejam testadas como as ideias e componentes trabalham no contexto real. O experimento será observado e documentado, de forma a avaliar a sua performance e propor futuras melhorias.

O modelo expandido é apresentado na Figura 4.



Fonte: adaptado de Mello (2005)

As ferramentas e métodos utilizados em cada etapa do modelo estão listados no Quadro 3.

Quadro 3 - Ferramentas e métodos utilizados	
Etapas do modelo	Ferramentas e métodos
Projeto da concepção do serviço	Mapa de <i>stakeholders</i> (SVENDENSEN E LABERGE, 2007)
	<i>Benchmarking</i> (COOPER, 2004)
	<i>Brainstorming</i> (DOMINICK et al., 2001)
	Observação (RONNEY et al., 2000)
	Personas (COOPER, 2004)
Projeto do processo do serviço	<i>Blueprint</i> de serviços (SHOSTACK, 1984)
	SDCA (DEMING, 1990)
	Procedimento operacional padrão (COLENGHI, 2007)
	<i>Poka- Yoke</i> (CHASE e STEWART, 1994)
Projeto das instalações do serviço	5S (SHIGUNOV, 2016)

Fonte: a autora

A seguir são apresentados os resultados da implementação dessa metodologia.

4. PROJETO DA CONCEPÇÃO DO SERVIÇO

A primeira fase do modelo consiste em entender as necessidades e expectativas dos stakeholders para desenvolver o conceito do serviço.

4.1. ANÁLISE ESTRATÉGICA

Stakeholders, ou “grupos de interesse”, como o próprio nome sugere, são grupos de pessoas que se interessam pelo processo ou resultado de um determinado projeto (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009). É muito provável que os diversos *stakeholders* tenham visões variadas a respeito dos propósitos do projeto e, se não bem gerenciada, essa discrepância de expectativas pode gerar conflitos. Assim, torna-se importante identificar as partes interessadas e entender como elas se posicionam, de maneira a prevenir objeções e problemas em estágios mais avançados do projeto.

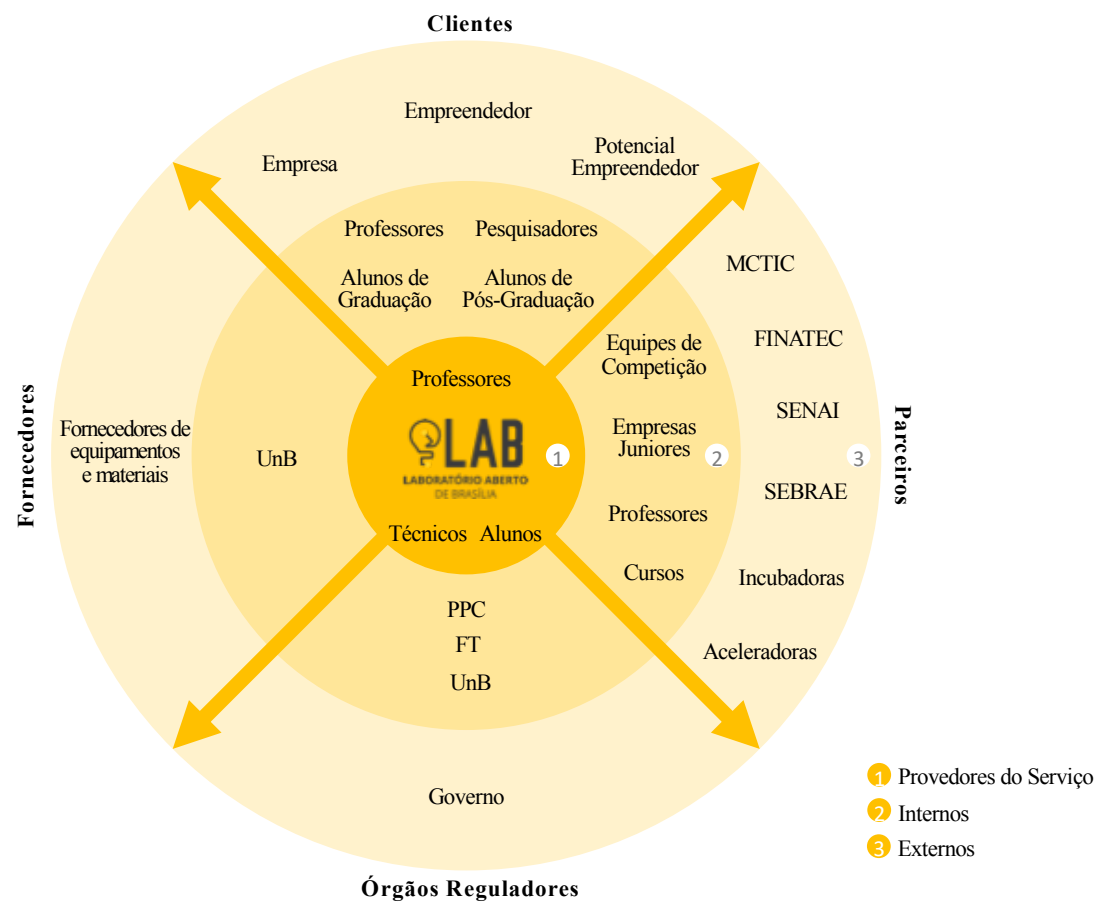
Segundo Svendensen e Laberge (2007) o mapeamento dos *stakeholders* é importante para enxergar o sistema como um todo, sendo possível ver a rede de relações existente em torno de um serviço e o contexto no qual ele irá operar. Essa ferramenta pode ajudar a obter melhor compreensão das relações e dos pontos de alavancagem para a construção ou fortalecimento da rede ao longo do tempo.

Foi elaborado um mapa de *stakeholders* do Laboratório Aberto de Brasília, com a finalidade de identificar os atores e objetos envolvidos na criação, implementação e manutenção do LAB, bem como os seus respectivos papéis.

Para a criação do mapa de *stakeholders*, foram cumpridas as seguintes etapas:

1. Identificação e listagem dos atores conectados ao LAB;
2. Agrupamento dos atores por papéis desempenhados;
3. Desenho do mapa de *stakeholders*;
4. Compartilhamento do esboço para a coleta de insights;
5. Aprimoramento do desenho.

O modelo circular apresentado na Figura 5 representa a integralidade, comunidade e organicidade presentes no ecossistema do LAB. Os *stakeholders* estão distribuídos em quatro grupos: clientes, parceiros, órgãos reguladores e fornecedores. Além dos provedores de serviço, o mapa apresenta duas circunferências: a mais próxima ao centro representa o grupo de papéis desempenhados pelos agentes internos, enquanto a mais distante indica os agentes externos.

Figura 5 - Mapa de *Stakeholders*

Fonte: a autora

A seguir são descritos os atores e seus respectivos papéis desempenhados no mapa de *stakeholders*:

Provedores do Serviço. Os provedores do serviço se configuram como as pessoas que entregam a proposta de valor do LAB. Fazem parte dessa categoria os professores coordenadores dessa iniciativa, os técnicos e os alunos, bolsistas ou voluntários, que desempenham tanto funções administrativas, como operam os equipamentos.

Clientes Externos. São classificados como clientes externos todos os usuários externos à Universidade de Brasília. Os usuários externos podem ser empreendedores, potenciais empreendedores (*makers* e inventores), *startups* e empresas que buscam solucionar desafios de desenvolvimento de produtos e inovação.

Clientes Internos. Como clientes internos são compreendidos professores, pesquisadores e alunos da UnB, tanto a nível de graduação quanto pós-graduação. Os colaboradores do LAB que se encaixam nessa especificação também podem ser vistos como clientes internos.

Parceiros Externos. Nessa categoria, estão elencados os atores externos que fornecem recursos para a implementação e operação do LAB.

O capital inicial para o projeto de implementação do LAB foi concedido pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC. Este órgão nacional, como o próprio nome sugere, tem por missão garantir e promover o avanço da ciência, tecnologia, inovação e comunicações. O recurso foi utilizado para a aquisição de materiais e equipamentos, bem como para a adequação da infraestrutura do espaço físico. Além dessa, são estudadas outras formas de se aportar capital para a operação do LAB, como a aplicação em programas e editais de fomento à inovação, e a criação de parcerias com o setor produtivo.

A responsável pela gestão de recursos da iniciativa é a Fundação de Apoio a Empreendimentos Científicos e Tecnológicos – FINATEC. Todos os processos de compras e repasse de recursos só podem ser feitos por intermédio dessa fundação que está vinculada à UnB.

O Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI é um complexo de educação que forma profissionais para a indústria brasileira. Ao SENAI cabe a função de coordenar a rede de Laboratórios Abertos do país e, portanto, disponibilizar os documentos e ferramentas para que a metodologia dos LAs seja aplicada corretamente. A partir dessa colaboração, é possível acessar laboratórios da instituição, equipados para fabricar produtos das mais diversas áreas.

O Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE é um agente criado para dar apoio aos pequenos negócios de todo país. No ecossistema do LAB, o SEBRAE DF tem como função intermediar a conexão entre as empresas demandantes e o LAB.

A catalisação ou alavancagem dos projetos tem início após a concepção do primeiro protótipo. O processo ocorre por meio de organizações públicas ou privadas que prestam assistência especializada para projetos inovadores. São exemplos de agentes as incubadoras, as aceleradoras e os parques tecnológicos.

Parceiros Internos. Nessa categoria estão listados os parceiros internos que dão suporte para a captação e execução de projetos, seja pela *expertise*, seja pela infraestrutura compartilhada. As demandas com fins educacionais podem surgir de Professores e seus respectivos projetos de pesquisa e/ou disciplinas, e também de projetos de extensão: empresas juniores, equipes de competição, entre outros.

Para o apoio ao desenvolvimento de projetos, destacam-se outros cursos como a Engenharia Biomédica, possuidora de *know-how* para o desenvolvimento de equipamentos do seu segmento. Similarmente, empresas juniores têm potencial para agregar valor aos projetos, em especial aqueles que têm fins comerciais e envolvem o desenvolvimento de negócios.

Órgãos Reguladores Externos. O governo, tanto no contexto federal, quanto no estadual, representa os agentes relacionados com marcos regulatórios, incentivos fiscais e outros programas de fomento ao empreendedorismo e à inovação.

Órgãos Reguladores Internos. A UnB é compreendida como entidade estrutural para a regulamentação dos processos de formalização do LAB dentro da universidade. Para a protocolização desse processo, a função regulamentadora também é desdobrada para instâncias de esferas menores como a Faculdade de Tecnologia e os Planos Pedagógicos dos Cursos – PPCs das Faculdade.

Fornecedores Externos. Nesse segmento estão contemplados todos os fornecedores de equipamentos e materiais das áreas-fim do LAB.

Fornecedores Internos. A infraestrutura física necessária para a operação (espaço, água, energia e internet) foi disponibilizada pela Universidade de Brasília. Um laboratório inoperante da Faculdade de Tecnologia foi reformado e adaptado para o cumprimento dos propósitos do LAB.

Uma vez identificados os *stakeholders*, foram conduzidas reuniões com os parceiros, como visto na Figura 6, para garantir o alinhamento de expectativas e definir o direcionamento do projeto.

Figura 6 - Reunião com parceiros do LAB



Fonte: a autora

Para definição das principais diretrizes a serem estabelecidas para o Laboratório Aberto de Brasília, foram estudadas as possíveis orientações de laboratórios de fabricação digital, identificadas por (COSTA e PELEGRINI, 2017).

A partir das expectativas dos *stakeholders*, externalizadas nas reuniões mencionadas, e das dimensões apresentadas pelos autores, foram elencadas dez possíveis orientações que demonstravam consonância com a proposta do LAB. Em seguida, com o auxílio da equipe interna, foram atribuídos valores às possíveis orientações (numa escala de 0 a 10), de maneira a retratar a importância de cada uma, e a facilitar a priorização delas.

O resultado dessa análise, apresentado na Figura 7, foi importante para o estabelecimento da estratégia de posicionamento do LAB.

Figura 7 - Possíveis orientações



Fonte: a autora

A leitura do gráfico deve ser feita observando-se que o aprendizado ativo e o desenvolvimento de produtos são as diretrizes mais importantes para o posicionamento estratégico do LAB. As demais orientações também têm participação na concepção do serviço, mas sua influência é correspondente à ordem de prioridade, apresentada no esquema no sentido horário.

Depois de definida a estratégia focalizada do serviço, foi iniciada a construção do seu conceito, que teve como insumos as percepções que se desejavam gerar nos clientes. Johnston e Clark (2002) apontam que em uma declaração de conceito de serviços devem estar abarcados quatro componentes: i) elementos sobre a experiência do serviço; ii) elementos sobre o resultado da prestação do serviço; iii) elementos sobre a operação do serviço e iv) elementos sobre o valor do serviço.

Buscando apresentar os elementos sugeridos pelos autores, foi desenvolvido o conceito de serviço do Laboratório Aberto de Brasília:

“O Laboratório Aberto de Brasília – LAB é um ambiente colaborativo de aprendizagem ativa e multidisciplinar para o desenvolvimento de produtos, serviços e negócios. Por meio do compartilhamento de experiências e da resolução de desafios tecnológicos, o usuário do LAB é encorajado a ser o protagonista do seu próprio processo de aprendizagem. Visando potencializar o ecossistema de empreendedorismo e inovação brasiliense, o LAB oferece acesso à infraestrutura, suporte e capacitação para transformar as ideias em protótipos.”

4.2. GERAÇÃO E SELEÇÃO DE IDEIAS

Para a geração de ideias e levantamento de boas práticas, optou-se por utilizar a técnica de *benchmarking*, definida por Slack, Chambers e Johnston (2009, p.568) como o “processo de aprender com os outros”. Os autores argumentam que a realização da técnica inclui investigar práticas de operações comparáveis, de maneira a derivar ideias que poderiam contribuir para o crescimento da organização.

Assim sendo, foram realizadas visitas técnicas em três *makerspaces* considerados referência pela própria comunidade *maker*. Para garantir a familiaridade das operações, foram considerados apenas espaços que eram hospedados em uma outra instituição, pública ou privada, e tivessem um forte vínculo com o ensino superior. Os locais selecionados foram:

- Laboratório Aberto FIEMG – é a unidade-referência no programa de Laboratórios Abertos do SENAI;
- Anima Lab – apesar da sua recente criação, o espaço tem papel ativo no ecossistema empreendedor de Belo Horizonte e também é inovador na capacitação dos professores a respeito de metodologias ativas de ensino.
- *Fab Lab* Insper – faz parte da rede mundial de *Fab Labs* e sua instituição hospedeira é referência em educação;

Nas visitas, que aconteceram no mês de agosto de 2017, foram conduzidas entrevistas com representantes administrativos sobre a estratégia operacional e estrutura de gerenciamento dos respectivos laboratórios de fabricação. Como tópicos da análise foram definidos: localização; instituição; *website*; descrição; objetivo; serviços; público-alvo; equipe; segurança; limpeza; fundos e despesas; horário de funcionamento; *layout* da área de trabalho; parceiros-chave; integração com o currículo e ferramentas.

Os dados foram compilados em um quadro, o que permitiu a visualização global e comparação das operações. Também foram tiradas fotografias para o registro dos espaços. Os resultados dessa análise se encontram a seguir.

4.2.1. Laboratório Aberto FIEMG

O Quadro 4 sintetiza as informações extraídas na visita ao Laboratório Aberto FIEMG, localizado no SENAI FIEMG do Centro de Inovação e Tecnologia – CETEC.

Quadro 4 - Informações sobre o Laboratório Aberto FIEMG

Nome	Laboratório Aberto FIEMG
Localização	Belo Horizonte – MG
Instituição	SENAI FIEMG – Centro de Inovação e Tecnologia – CETEC
<i>Website</i>	Possuem uma página hospedada no <i>website</i> do Sistema FIEMG: http://www7.fiemg.com.br/regionais/sede/unidade/senai---laboratorio-aberto
Descrição	O Laboratório Aberto (Figura 8) é um espaço criativo com o objetivo de facilitar a prototipagem de ideias, visando inovação e invenção. Oferecendo acesso livre a equipamentos, ele estimula o trabalho colaborativo para desenvolvimento de produtos, processos e negócios. O Laboratório Aberto está conectado com todos os laboratórios do SENAI MG, através de uma rede de alunos, educadores, empreendedores, técnicos, pesquisadores, fabricantes e inovadores.
Objetivo	Trazer a inovação para dentro da indústria através do apoio ao desenvolvimento de produtos, processos e negócio.
Serviços	<ul style="list-style-type: none"> • Prototipagem rápida; • Suporte técnico especializado para o desenvolvimento dos projetos; • Linhas de fomento para prototipagem de projetos; • Assessoria em modelo de negócios; • Capacitação e palestras; • Acesso à rede do SENAI e seus institutos e laboratórios; • Acesso ao banco de dados dos desafios.
Público-alvo	Inventores, empresas nascentes, micro e pequenas empresas, <i>startups</i> e empresas incubadas, investidores/aceleradoras e qualquer empresa que queira buscar inovação.
Equipe	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Gerente; • 1 Técnico Industrial em Mecânica; • 1 Técnico Industrial em Eletrônica; • Técnicos Training em Mecânica; • Analistas de Tecnologia; • 1 Analista Administrativa.
Segurança	Aos usuários é entregue um procedimento de segurança com orientações gerais e é solicitado o uso de equipamentos de proteção individual (Figura 9). O laboratório é equipado com técnicos que acompanham o uso de máquinas mais complexas. Caso não sejam seguidas as orientações, os clientes são advertidos verbalmente.
Limpeza	A limpeza é realizada por um serviço terceirizado contratado pela instituição hospedeira. Os usuários são incentivados a manter o local limpo e organizado.

Fundos e despesas	<p>São disponibilizadas várias opções de planos para melhor atender às demandas dos usuários:</p> <ul style="list-style-type: none"> • entrada diária (espaço do escritório); • hora técnica; • utilização de máquinas e equipamentos; • mensalidade (os pacotes de mensalidade são relativos à quantidade de pessoas). <p>Vale ressaltar que alunos e ex-alunos da rede Sesi/SENAI têm descontos para a utilização do espaço.</p> <p>Além das receitas advindas dos usuários, o Laboratório Aberto tem parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação e Comunicações (MCTIC), o SENAI e o Sebrae para fornecimento de recursos-chave, suporte técnico e financeiro.</p>
Horário de funcionamento	De segunda a sexta de 8h às 18h.
Layout da área de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> • Área <i>maker</i> (Figura 11 e Figura 13); • Copa e gerência (Figura 15); • Espaço de convivência (Figura 16 e Figura 17); • Sala de reunião (Figura 18); • <i>Coworking</i> (Figura 19); • Sala de treinamento (em construção - Figura 20); • LAB <i>Truck</i> (laboratório itinerante - Figura 21);
Parceiros-chave:	MCTIC, SEBRAE, SENAI MG, FIEMG, Centro de Inovação e Tecnologia - CETEC
Integração com o currículo	Os alunos Sesi/SENAI têm acesso ao laboratório para poder aplicar os seus conhecimentos adquiridos em sala de aula.
Ferramentas	<ul style="list-style-type: none"> • Bancada de eletrônica: osciloscópio, multímetro, gerador de função, fonte regulável, equipamentos manuais da área, estação de retrabalho, ferro de solda; • Mecânica (Figura 14) e marcenaria: fresadora ferramenteira, torno convencional, fresadora CNC e torno CNC didático, bancada multifuncional de marcenaria (Figura 12), serra fita horizontal, serra fita vertical, termoconformadora, furadeira de bancada, moto esmeril, cortadora a laser; • Ferramentas manuais para ajustagem e montagem: furadeira manual, lixadeira orbital, lixadeira plana, micro retífica; serra tico tico; jogo de chaves de fenda, jogo de chaves Philips, jogo chaves de boca, arco de serra, serrote, jogo de limas agulhas, etc.

Fonte: a autora

Figura 8 - Fachada Laboratório Aberto - Laboratório Aberto FIEMG



Fonte: a autora

Figura 9 - Recomendações de segurança - Laboratório Aberto FIEMG



Fonte: a autora

Figura 10 - Bancada de eletrônica - Laboratório Aberto FIEMG



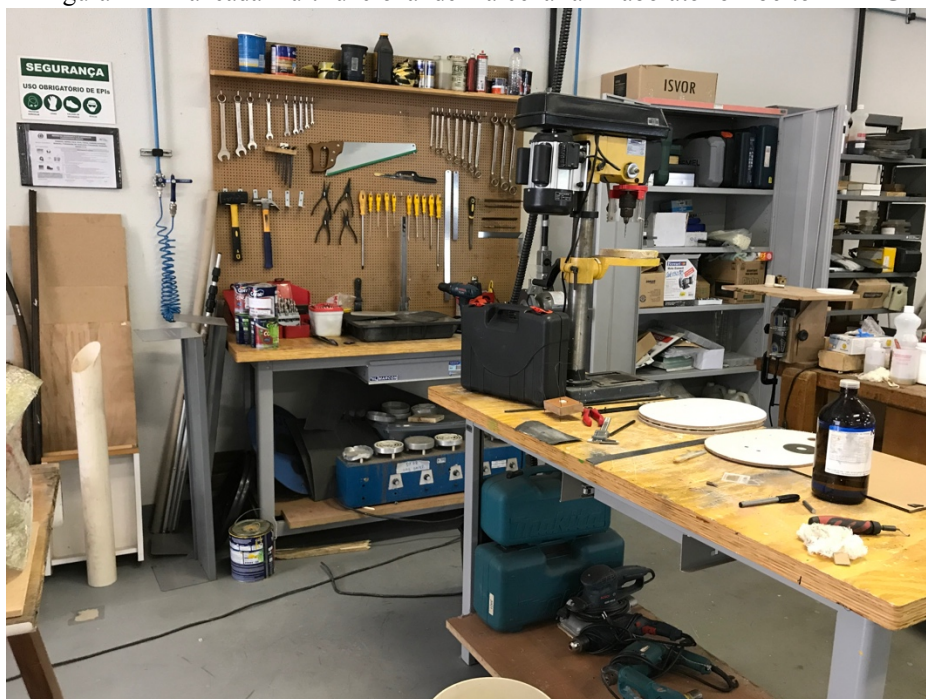
Fonte: a autora

Figura 11 - Área maker - Laboratório Aberto FIEMG



Fonte: a autora

Figura 12 – Bancada multifuncional de marcenaria - Laboratório Aberto FIEMG



Fonte: a autora

Figura 13 - Área maker - Laboratório Aberto FIEMG



Fonte: a autora

Figura 14 - Equipamentos e máquinas - Laboratório Aberto FIEMG



Fonte: a autora

Figura 15 - Copa e gerência- Laboratório Aberto FIEMG



Fonte: a autora

Figura 16 - Espaço de convivência - Laboratório Aberto FIEMG



Fonte: a autora

Figura 17 - Espaço de convivência - Laboratório Aberto FIEMG



Fonte: a autora

Figura 18 - Mesa de reuniões - Laboratório Aberto FIEMG



Fonte: a autora

Figura 19 - *Coworking* - Laboratório Aberto FIEMG



Fonte: a autora

Figura 20 - Sala de treinamento (em construção) - Laboratório Aberto FIEMG



Fonte: a autora

Figura 21 - LAB Truck - Laboratório Aberto FIEMG



Fonte: a autora

4.2.2. Anima Lab

As informações sobre o Anima Lab, laboratório *maker* da UniBH, encontram-se sumarizadas no Quadro 5.

Quadro 5 - Informações sobre o Anima Lab

Nome	Anima Lab
Localização	Belo Horizonte – MG
Instituição	Centro Universitário UniBH
Website	http://animalab.net/
Descrição	O espaço é um centro de inovação voltado à pesquisa, desenvolvimento tecnológico e empreendedor. É ainda um centro de treinamento e capacitação de pessoas, um lugar de convívio e troca de conhecimentos. No Anima Lab, alunos, professores e comunidade, podem desenvolver produtos e projetos, contando com suporte de profissionais com experiências em <i>startups</i> .
Objetivo	Oferecer aos alunos e à comunidade oportunidades para que possam dar vida às suas ideias e contribuir para as evoluções tecnológica e social.
Serviços	<ul style="list-style-type: none"> • Prototipagem (Figura 32); • Acesso ao <i>coworking</i>; • Capacitação em metodologias ativas para Professores; • Apoio e acompanhamento de projetos universitários, ou não, que tenham capacidade para se tornar <i>startups</i>. O espaço oferece um programa de oito semanas de mentorias, <i>workshops</i>, capacitações técnicas, conexões, benefícios em cursos e infraestrutura de nuvem.
Público-alvo	Alunos, <i>startups</i> , professores, comunidade em geral.
Segurança	O manuseio dos equipamentos só é permitido com autorização e é obrigatório o uso de equipamentos de proteção individual (Figura 22).
Limpeza	A limpeza é realizada por um serviço terceirizado contratado pela instituição hospedeira. Os usuários são incentivados a manter o local limpo e organizado.
Fundos e despesas	A universidade, que é uma instituição privada, é a responsável por garantir a sustentabilidade financeira do espaço.
Horário de funcionamento	Diariamente de 8h às 20h e é aberto à comunidade. É possível reservar horário pelo <i>website</i> .
Layout da área de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> • Sala de experimentação docente (Figura 23); • Sala de prototipagem - Espaço <i>maker</i> A (Figura 24(a), Figura 25 e Figura 26) e espaço <i>maker</i> B (Figura 24(b), Figura 27 e Figura 29); • <i>Coworking</i> (Figura 33); • Copa (Figura 34).
Parceiros-chave:	IBM, SEBRAE, <i>Aerohive Networks</i> , <i>Camss Group</i> , <i>Wavee</i>

Integração com o currículo	Os Professores são capacitados para a implementação de metodologias ativas e utilizam o Anima Lab para o desenvolvimento de competências empreendedoras, de <i>design</i> e engenharia.
Ferramentas	<ul style="list-style-type: none"> • Cortadora a laser: CNC ST – 101 (Figura 30); • Fresadora CNC: ST – 06 (Figura 31); • Impressora 3D: GTMax3D; • Bancada de Marcenaria (Figura 28): furadeira de bancada, lixadeira orbital, grampos, espátulas, martelos, pistola de cola quente, furadeira, micro retífica, jogo de chaves de fenda, jogo de chave <i>philips</i>, jogo de chave de boca, serrote, entre outros. <p>Dentre as ferramentas a serem utilizadas no programa de incubação e aceleração estão a plataforma de inovação digital da IBM, o IBM <i>Bluemix</i> e o IBM Watson, solução de computação cognitiva da IBM.</p>

Fonte: a autora

Figura 22 - Sinalização - Anima Lab



Fonte: a autora

Figura 23 - Sala de experimentação docente - Anima LAB



Fonte: a autora

Figura 24 (a) Espaço *maker* A e (b) Espaço *maker* B – Anima Lab

(a)

(b)

Fonte: a autora

Figura 25 - Espaço *maker* A - Anima Lab

Fonte: a autora

Figura 26 - Espaço *maker* A - Anima Lab

Fonte: a autora

Figura 27 - Espaço *maker* B - Anima Lab

Fonte: a autora

Figura 28 – Bancada de marcenaria - Anima Lab



Fonte: a autora

Figura 29 - Espaço maker B - Anima Lab



Fonte: a autora

Figura 30 – Cortadora a laser - Anima Lab



Fonte: a autora

Figura 31 - Fresadora CNC - Anima Lab



Fonte: a autora

Figura 32 - Protótipos - Anima Lab



Fonte: a autora

Figura 33 - Coworking - Anima Lab



Fonte: a autora

Figura 34 - Copa - Anima Lab



Fonte: a autora

4.2.3. *Fab Lab Insper*

O Insper é uma instituição de ensino superior nas áreas de Negócios, Direito e Engenharia. O Quadro 6 contém um resumo das principais informações sobre o *Fab Lab* localizado na faculdade paulista.

Quadro 6 - Informações sobre o Fab Lab Insper

Nome	<i>Fab Lab Insper</i>
Localização	São Paulo – SP
Instituição	Insper – Instituto de Ensino e Pesquisa
Website	https://www.insper.edu.br/fab-lab/
Descrição	O <i>Fab Lab</i> Insper é o primeiro laboratório digital brasileiro dentro de uma Faculdade de Engenharia. Está integrado à rede mundial de <i>Fab Labs</i> e têm ferramentas e máquinas para seus usuários darem vida às suas ideias, aprenderem e compartilhar conhecimentos com pessoas de todo o mundo.
Objetivo	Dar suporte à formação de engenheiros dotados de competências em empreendedorismo e <i>design</i> .
Serviços	<ul style="list-style-type: none"> • Prototipagem rápida; • Suporte às disciplinas; • Treinamentos e capacitações.
Público-alvo	Alunos matriculados e uma vez por semana é aberto para o público geral.
Equipe	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Gerente; • 1 Técnico em Informática Industrial; • 1 Designer Industrial;
Segurança	<p>O espaço é sinalizado indicando controle de acesso (Figura 35) e as normas de segurança: trajar calça comprida, sapato fechado e estar de cabelo preso. As áreas de marcenaria, lixadeira, corte de chapas exibem outros EPIs: óculos de segurança, máscara, protetor auricular e luvas, entre outros a depender da atividade.</p> <p>Também é orientado que sejam retirados os relógios e demais adornos, que não haja a ingestão de comidas ou bebidas, e o armazenamento adequado das mochilas e bolsas nos armários (Figura 36).</p>
Limpeza	A limpeza é realizada por um serviço terceirizado contratado pela instituição hospedeira. Os usuários são incentivados a manter o local limpo e organizado.
Fundos e despesas	<p>A coordenação do INSUPER é responsável pelos custos com manutenção e fornecimento de insumos destinados às atividades das disciplinas.</p> <p>Para visitantes externos é solicitado que levem filamento para impressão 3D, de diâmetro 1,75mm.</p>
Horário de funcionamento	Para os alunos, professores e funcionários do Insper o horário de funcionamento é de segunda a sexta-feira, das 7h30 às 19 horas.

	Para demais membros da comunidade – <i>Open Day</i> todas as quintas-feiras, das 13h às 19h. A utilização dos equipamentos é organizada por ordem de chegada. Não é necessário agendamento prévio.
<i>Design</i> da área de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> • Área de fabricação (Figura 37); • Espaço para marcenaria (Figura 38); • Área de corte (Figura 39).
Parceiros-chave:	<i>Fab Foundation</i> , Insper
Integração com o currículo	<p>A estruturação do currículo dos cursos de engenharia contou com a colaboração de profissionais do <i>Frankling Olin College of Engineering</i>, instituição reconhecida pela abordagem inovadora no ensino de engenharia. A partir desta parceria, surgiu o reconhecimento do valor existente no projeto simultâneo de espaços e currículo (GONZALES, 2016).</p> <p>Assim, o <i>Fab Lab</i> Insper é usado como suporte ao desenvolvimento de competências para engenharia empreendedora.</p>
Ferramentas	<ul style="list-style-type: none"> • Cortadora a laser: Duplotech 1080; • Cortadora a laser: <i>Epilog Laser Legend Mini 24</i>; • Cortadora de vinil: Rolland CAMM – 1 Servo; • Impressora 3D: <i>Mousta Builder</i>; • Impressora 3D: Zmorph; • Impressora 3D: <i>Ultimaker</i>; • Impressora 3D: <i>Stratasys</i> Objet30 Pro; • Fresadora de grande formato: <i>ShopBot</i>; • Fresadora de precisão: <i>Roland MDX – 40A</i>; • Máquina de costura: <i>Singer Brilliance</i>; • Máquina de estampar; • Espaço marcenaria (serras, alicates, chaves de fenda, chaves <i>phillips</i>, esmeril, grampos tipo C, parafusadeiras, etc.); • Serra Tico Tico de bancada: Makita; • Furadeira de bancada: FGC – 16 Ferrari; • Lixadeira de Disco: 6” e 9” <i>Disc Sander</i>; • Esmeril; • Bancada Eletrônica; • Sense 3D Scanner; • Canon PowerShot SX510 HS.

Fonte: a autora

Figura 35 - Controle de acesso - *Fab Lab Insper*

Fonte: a autora

Figura 36 - Armários - *Fab Lab Insper*

Fonte: a autora

Figura 37 – Área de Fabricação - *Fab Lab Insper*



Fonte: a autora

Figura 38 – Espaço para marcenaria - *Fab Lab Insper*



Fonte: a autora

Figura 39 - Fresadora de grande formato: *ShopBot – Fab Lab Insuper*



Fonte: a autora

4.2.4. Outros espaços

Além dos *benchmarkings* realizados nos *makerspaces*, outros agentes participantes do ecossistema de inovação e empreendedorismo das suas respectivas cidades também foram visitados. Esses espaços são caracterizados pela colaboração, inventividade, conexão, compartilhamento de experiências. As visitas ocorreram entre julho e dezembro de 2017 e a descrição de alguns dos espaços percorridos pode ser vista a seguir.

Impact Hub Belo Horizonte. Localizado no centro de Belo Horizonte – MG, a organização pode ser percebida como um laboratório de inovação, incubadora de empresas e centro comunitário de empreendedores sociais. Aos membros é oferecido um espaço de *coworking*, acesso à rede global *Impact Hub* que conta com mais de 7.000 empreendedores e atividades de desenvolvimento pessoal e profissional como oficinas, exposições, cursos, palestras, debates, entre outros. Algumas fotos do espaço inovador foram selecionadas e estão dispostas na Figura 40.

Figura 40 - Impact Hub Belo Horizonte (Belo Horizonte - MG)



Fonte: a autora

SEED. Acrônimo de *Startups and Entrepreneurship Ecosystem Development*, SEED é um programa de aceleração de *startups* para empreendedores do mundo todo que queiram desenvolver seus negócios no estado de Minas Gerais. Localizado na capital mineira, o SEED é a única aceleradora com recursos públicos do Brasil e potencializa a interação, as redes e a transferência de conhecimentos e habilidades entre empreendedores apoiados e o ecossistema local. A Figura 41 apresenta alguns dos espaços da aceleradora.

Figura 41 - SEED (Belo Horizonte - MG)



Fonte: a autora

GUAJA Café-Coworking. A equipe do GUAJA se define como uma comunidade criativa que inspira ideias e conecta oportunidades. O espaço, instalado numa casa moderna, conta com serviços de escritório virtual, café e também espaço de *coworking*. O uso da estrutura é gratuito, o usuário só paga o que consumir efetivamente. Imagens do ambiente podem ser encontradas na Figura 42.

Figura 42 - GUAJA Café-Coworking (Belo Horizonte - MG)



Fonte: a autora

Nave à Vela. É uma *startup* que tem como finalidade a implementação de espaços e dinâmicas *makers* em colégios, contribuindo para uma formação ‘para o século XXI’ e educando para inovação, onde o importante não é apenas o conhecimento em si, mas o que se consegue articular e construir a partir dele.

Com a premissa de colocar o aluno como protagonista do próprio aprendizado, a *startup* desenvolveu um programa curricular que tem como objetivo desenvolver uma “Educação para Inovação”. Essa missão é possível através de dinâmicas que potencializem o desenvolvimento socioemocional e tragam conteúdos significativos.

A metodologia utilizada pela organização para a implementação do projeto é composta por quatro passos: i) adaptação do espaço; ii) escolha dos educadores envolvidos; iii) treinamento e monitoramento e iv) comunicação do projeto. As instalações da *startup* podem ser vistas na Figura 43.

Figura 43 - Nave à Vela (São Paulo - SP)



Fonte: a autora

O *benchmarking* realizado nos laboratórios se mostrou essencial para o fornecimento de ideias e informações com potencial de gerar soluções. O uso da ferramenta foi percebido como um processo de aprendizagem de forma pragmática, permitindo enxergar diferentes formas de se fazer as coisas. As conversas com outros atores também se configuraram como fundamentais para a compreensão do contexto de ecossistemas empreendedores e de inovação brasileiros.

Outros fatores que contribuíram para a geração de ideias foram a realização de *brainstormings* com os *stakeholders* e o estudo de documentos da rede de Laboratórios Abertos do SENAI. Todas as observações e dados colhidos foram organizados e codificados para se encontrar padrões e temas. Em seguida, as ideias foram compartilhadas com a equipe e selecionadas as práticas que mais se adequavam às limitações e aos propósitos do LAB.

4.3. DEFINIÇÃO DO PACOTE DE SERVIÇOS

Os padrões identificados na etapa de geração e seleção de ideias couberam como insumo para a etapa de definição do pacote de serviços. Foi percebido que independentemente do tamanho dos laboratórios visitados, as atividades de prototipagem estavam organizadas em três

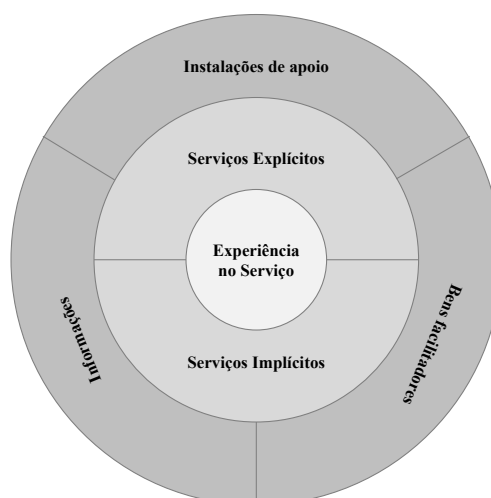
estruturas básicas: bancada de marcenaria; bancada de eletrônica e espaço para manufatura aditiva, geralmente centrado em impressoras 3D.

Outro espaço que mostrou agregar valor a esses ambientes foi o *coworking*, que permite que haja maior densidade de ideias e compartilhamento de experiências, tornando o ambiente mais dinâmico, criativo e enriquecedor.

Assim sendo, parte-se como premissa que os serviços realizados no Laboratório Aberto de Brasília tenham a mesma conformação e ofereçam espaços destinados às áreas de marcenaria e metalomecânica, eletrônica e manufatura aditiva, além de disponibilizar um espaço para *coworking*.

Fitzsimmons e Fitzsimmons (2014, p.23) definem o pacote de serviços como “um conjunto de mercadorias e serviços oferecidos em um ambiente”. O pacote de serviços consiste em cinco componentes, diagramados como uma cebola, cujo centro é a experiência do serviço, conforme a Figura 44.

Figura 44 - O pacote de serviços



Fonte: Fitzsimmons e Fitzsimmons (2014, p.23)

São componentes do pacote de serviços:

1. *Instalações de apoio*. Recursos físicos, instalações e equipamentos, necessários à prestação dos serviços.
2. *Bens facilitadores*. Materiais que são fornecidos ao consumidor do serviço. Contribuem para a satisfação do cliente.

3. *Informação*. Permite que o serviço seja eficiente e customizado. Disponibilizada pelo fornecedor ou pelo cliente.
4. *Serviços Explícitos*. Benefícios que são prontamente sentidos. São considerados características essenciais dos serviços. (atendimento, tratamento; Entretenimento, fornecimento de comida) (fornecimento de informações, ensino).
5. *Serviços implícitos*. Benefícios psicológicos ou características acessórias do serviço. Algumas pessoas percebem e valorizam, enquanto outras não (informação, segurança, ambiente).

Com base nesses conceitos, foi definido o pacote de serviços do Laboratório Aberto de Brasília:

Quadro 7- Pacote de Serviços

Instalações	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Coworking</i> - Célula de Manufatura Aditiva - Célula de Marcenaria e Metalomecânica - Célula de Eletrônica
Bens facilitadores	<ul style="list-style-type: none"> - Computador - <i>Softwares</i> (modelagem, fatiador, etc.) - Equipamentos e ferramentas - Manuais de operações
Informações	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidade de horário - Material - Projeto - Modelo CAD
Serviços Explícitos	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento de protótipos - Acesso à infraestrutura laboratorial - Capacitação
Serviços Implícitos	<ul style="list-style-type: none"> - Segurança - Acesso à comunidade de prática - Acesso à rede de parceiros - Acesso ao banco de dados

Fonte: a autora

Os serviços explícitos, ou serviços centrais oferecidos pelo LAB consistem em: desenvolvimento de protótipos; acesso à infraestrutura laboratorial; e capacitação. Todos esses serviços atuam nas diferentes células de manufatura integrantes do ambiente.

1. *Desenvolvimento de protótipos*. Esse serviço consiste em projetar, modelar, fabricar e realizar o acabamento de um protótipo. É ideal para clientes que necessitem de assistência técnica do LAB em todas, ou alguma das etapas anteriormente citadas.
2. *Acesso à infraestrutura laboratorial*. Para os usuários que já possuem as competências necessárias para manusear os equipamentos e ferramentas, é oferecido o acesso à infraestrutura do LAB, sem assistência técnica. É importante observar que deve ser comprovado a habilidade do usuário, bem como serem seguidos os procedimentos de segurança e demais normas do LAB. É necessário o cumprimento do procedimento de controle de acesso.
3. *Capacitação*. O LAB oferecerá periodicamente eventos, cursos, oficinas e *workshops* para a formação em desenvolvimento de produtos e desenvolvimento de negócios. As capacitações têm como objetivo equipar os usuários do laboratório com ferramentas e métodos para melhor desenvolver seus protótipos, assim como, prepará-los para desenvolver seus empreendimentos.

O estabelecimento do pacote de serviços é um passo fundamental do projeto da concepção do serviço. A partir dele, é possível dar início às etapas que exigem um maior nível de detalhamento, como a identificação dos requisitos do serviço, fase importante para que o desdobramento do projeto seja bem implementado.

4.4. DEFINIÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DO SERVIÇO

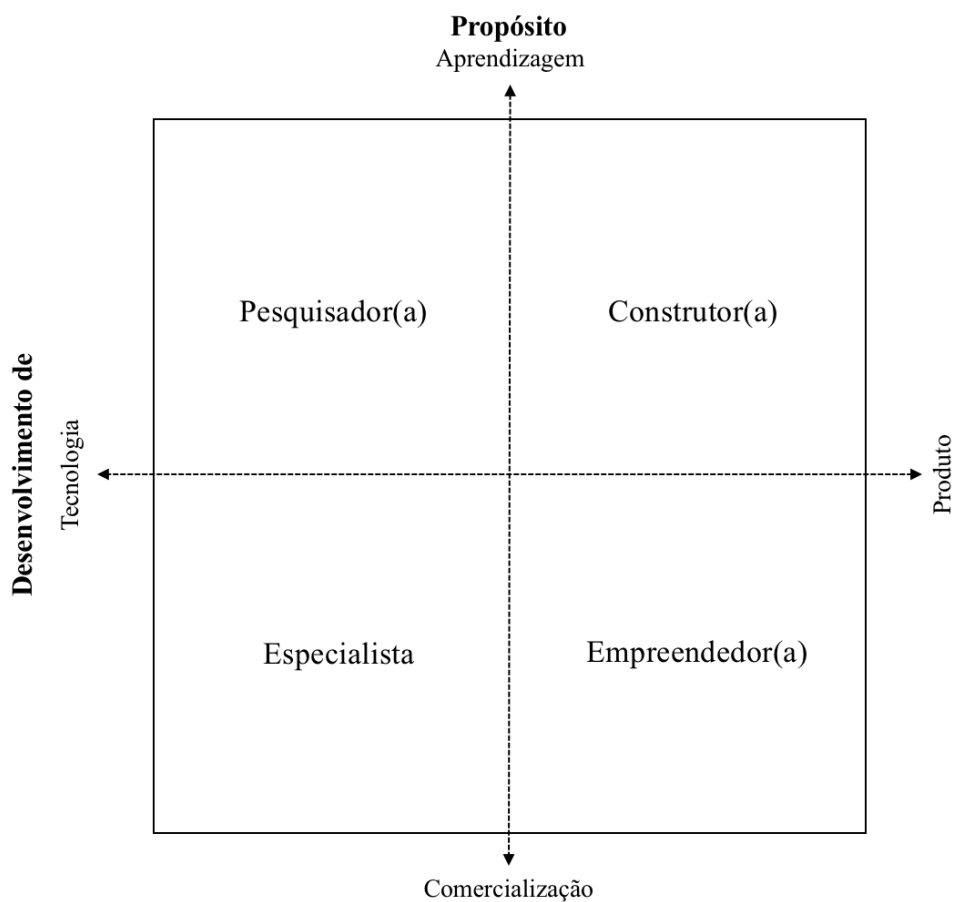
Para um desenvolvimento adequado do processo de *design* de serviços, é fundamental maior compreensão dos seus usuários. Segundo Moritz (2005), personas são personagens fictícios que representam padrões dos usuários de um serviço. Através desses arquétipos, é possível gerar *insights* mais profundos a respeito das diferentes experiências de serviço vividas. Essas informações são importantes para o melhor embasamento da tomada de decisão do time.

Para a aplicação dessa ferramenta, foram realizadas entrevistas com potenciais usuários do LAB: participantes de equipes de competição, empresários juniores, pesquisadores e outros interessados em serviços de prototipagem rápida.

Em um segundo passo, as anotações foram agrupadas de forma a se perceber os padrões emergentes. Dessa organização se destacaram dois eixos: (i) o propósito da utilização do serviço (aprendizagem ou comercialização) e (ii) o tipo de desenvolvimento desejado (de tecnologia ou de produto).

Esses eixos deram origem à uma matriz 2x2, onde cada quadrante representa um perfil de usuário diferente (pesquisador(a), construtor(a), especialista e empreendedor(a)) apresentados pela Figura 45.

Figura 45 - Matriz de perfil do usuário



Fonte: própria

Depois de identificados esses quatro padrões, foram construídos arquétipos que personificam cada perfil. Para a estruturação de cada persona foram definidos: nome, idade, ocupação, tipo de série que assiste, dificuldades, oportunidades e demais *insights*.

É importante ressaltar que a matriz desenvolvida é uma representação da realidade e, portanto, não é absoluta. No entanto, a identificação de personas oferece uma compreensão útil a respeito dos usuários considerados ao longo deste trabalho.

A seguir estão descritos os perfis identificados em cada quadrante, exemplificados por sua respectiva persona.


Pesquisador(a): o usuário pesquisador é aquele que utiliza os serviços do laboratório para realizar pesquisas como projeto de graduação, projetos de iniciação científica, mestrado e doutorado. Ele não tem interesse em aplicações comerciais e seu propósito é a produção de conhecimento. Uma representação do pesquisador pode ser encontrada na Figura 46.

Construtor(a): o usuário construtor é materializado no aluno cujo objetivo é concepção e prototipagem do produto em si. Ele pode ter chegado ao laboratório por meio das mais diversas motivações: entregas para disciplinas que tenham o foco em desenvolvimento de produtos; construção de objetos para equipes de competição ou até o simples interesse na construção de novos objetos. Para o usuário construtor, a invenção por si só já basta. Este perfil é exemplificado na Figura 47.

Especialista: o usuário especialista já tem um produto, mas percebeu que era necessário inovar. Geralmente é especialista na área fim no produto, mas não necessariamente nas tecnologias empregadas para desenvolvê-lo. Assim, precisa de um local com infraestrutura que suporte a prototipagem de novas versões, e também de pessoas que possam auxiliá-lo no projeto do produto. A persona correspondente ao usuário especialista se encontra na Figura 48.

Empreendedor(a): o empreendedor é aquele que percebeu uma necessidade no mercado, teve uma ideia para solucionar esse problema e quer testar sua ideia através da concepção de um protótipo. O usuário empreendedor pode ou não ser da área fim do produto, mas estará sempre preocupado em atender as demandas do mercado. Além da fabricação do protótipo, está em busca de suporte para o desenvolvimento do seu negócio. Com esse perfil podem ser citados alunos potenciais empreendedores, microempreendedores individuais e *startups*. A Figura 49 retrata o usuário empreendedor.

Figura 46 - Persona: Pesquisador

Daniel, o gênio da robótica		26 anos
	Classificação	Pesquisador
	Ocupação	Doutorando em Engenharia Mecatrônica
	Série Preferida	<i>The Big Bang Theory</i>
<p>Descrição</p> <ul style="list-style-type: none">• Se descobriu apaixonado por robótica quando construiu seu primeiro robô aos 6 anos de idade;• Criou um grupo de pesquisa sobre o tema;• Fica frustrado com a baixa relevância de sua universidade nas publicações sobre robótica;• Também fica chateado por não ter acesso à maior parte de laboratórios que existem na sua faculdade;• Busca um lugar com maior acessibilidade para desenvolver suas pesquisas;• Está à procura de uma comunidade em que possa compartilhar suas descobertas e gerar mais insights.		

Fonte: a autora

Figura 47 - Persona: Construtor(a)

Joana, a inventora

21 anos



Classificação

Construtora

Ocupação

Estudante de Engenharia de Produção

Série Preferida


Grand Design

Descrição

- Faz parte da equipe de competição baja SAE;
- Esse semestre faz parte da disciplina de Engenharia de Produto;
- Vai aproveitar a disciplina para desenvolver um protótipo para melhorar o desempenho do motor do veículo na equipe de competição;
- Joana ama construir coisas e fica feliz quando assina mais uma invenção;
- Vive criando e pensando em possíveis modelos para serem construídos;
- Ainda é estudante e não tem muito dinheiro para investir em seus protótipos, por isso está sempre em busca de matéria prima que possa ser reciclada;
- Joana quer um lugar econômico para realizar seus projetos.

Fonte: a autora

Figura 48 - Persona: Especialista

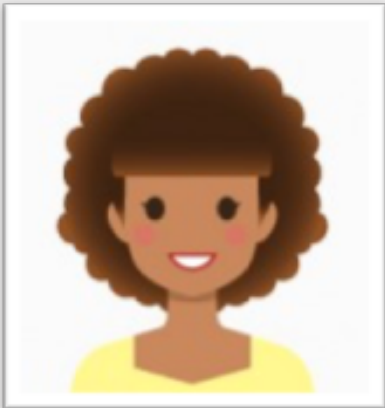
Inácio, o médico tecnológico		52 anos
	Classificação	Especialista
	Ocupação	Médico Ortopedista
	Série Preferida	<i>House</i>
<p>Descrição</p> <ul style="list-style-type: none">• Tem recebido constantes reclamações das órteses que prescreve para seus pacientes;• Está à procura de novos materiais impermeáveis que não se deformem ao longo do dia;• Também está em busca de projetos que sejam de fácil personalização e sejam arejados, evitando o calor e a coceira;• Os novos materiais não podem ser mais caros do que as órteses presentes no mercado;• Os equipamentos precisam ser feitos com rapidez para não interferir negativamente na melhora do paciente;• Se as iniciativas derem certo, pensa em utilizar a tecnologia descoberta para o desenvolvimento de próteses.		

Fonte: a autora

Figura 49 - Persona: Empreendedor(a)

Carla, a empreendedora *agritech*

30 anos



Classificação

Empreendedora

Ocupação

Engenheira Agrônoma

Série Preferida

Game of Thrones

Descrição

- Para empreender, pediu demissão da consultoria em que trabalhava há 5 anos;
- Quer desenvolver equipamentos de segurança para máquinas agrícolas;
- Já fez o estudo do mercado, tem os requisitos dos clientes, mas tem dificuldade para projetar o produto;
- Está em busca de projetistas para o desenvolvimento do produto;
- Está à procura de um local em que a prototipagem seja rápida e que o custo de falhas seja baixo, pois quer fabricar vários protótipos;
- Esse é o primeiro equipamento que está desenvolvendo, mas Carla tem interesse em desenvolver uma família inteira de produtos.

Fonte: a autora

Levando em consideração as expectativas dos usuários representados pelas personas, e as reuniões realizadas com os *stakeholders*, foram identificadas onze necessidades, que em seguida foram convertidas em especificações do serviço, conforme o Quadro 8 .

Quadro 8 - Necessidades e especificações do serviço

Necessidade	Especificação
Construção de protótipos	Equipamentos de prototipagem (manufatura aditiva, metalomecânica e marcenaria e eletrônica)
Acessibilidade	Acesso permitido a todos os alunos e comunidade
Comunidade	Plataforma de compartilhamento de experiências
Baixo custo	Precificação que cubra apenas o custo de operação
Rapidez	Tecnologias que fabriquem protótipos em poucos dias
Flexibilidade	Processos que permitam a fabricação de diferentes tipos de protótipos
Suporte técnico	Equipe especializada no processo de desenvolvimento de protótipos das três áreas levantadas
Fácil utilização	Roteiros para uso dos equipamentos de prototipagem
Capacitação	Palestras, cursos e oficinas sobre desenvolvimento de produtos e negócios
Segurança pessoal	Fornecimento de Equipamentos de Proteção Individual
Segurança patrimonial	Sistema de monitoria dos ambientes com câmeras de vídeo

Fonte: a autora

Para que as especificações do serviço fossem atendidas, foram consultados professores e profissionais das áreas de engenharia mecânica, elétrica e computação. Através da orientação desses especialistas, foi possível redigir uma lista de materiais e equipamentos que oferecessem baixo risco à integridade dos usuários, fossem de fácil utilização e manutenção e cujo mantimento apresentasse baixo custo.

A lista foi montada respeitando o orçamento estabelecido pelo órgão financiador, MCTIC, bem como as categorias designadas. Foi tomado o cuidado para que fossem contemplados todos os itens essenciais para o desenvolvimento de projetos nas áreas selecionadas.

Também foram pautados os equipamentos de proteção individual, o serviço de monitoria dos ambientes com câmeras de vídeo e a adaptação da infraestrutura laboratorial.

Ao longo do processo, a lista de materiais e equipamentos foi regularmente atualizada, mas a versão final, com suas respectivas especificações e quantidades pode ser encontrada no Apêndice I.

5. PROJETO DO PROCESSO DO SERVIÇO

Depois de extraídas as especificações do serviço, fez-se necessário projetar a estrutura de seus processos. A seguir são apresentados o mapeamento e controle dos processos, bem como a forma de entrega e equipe do serviço, todos itens projetados objetivando o atendimento das necessidades dos clientes.

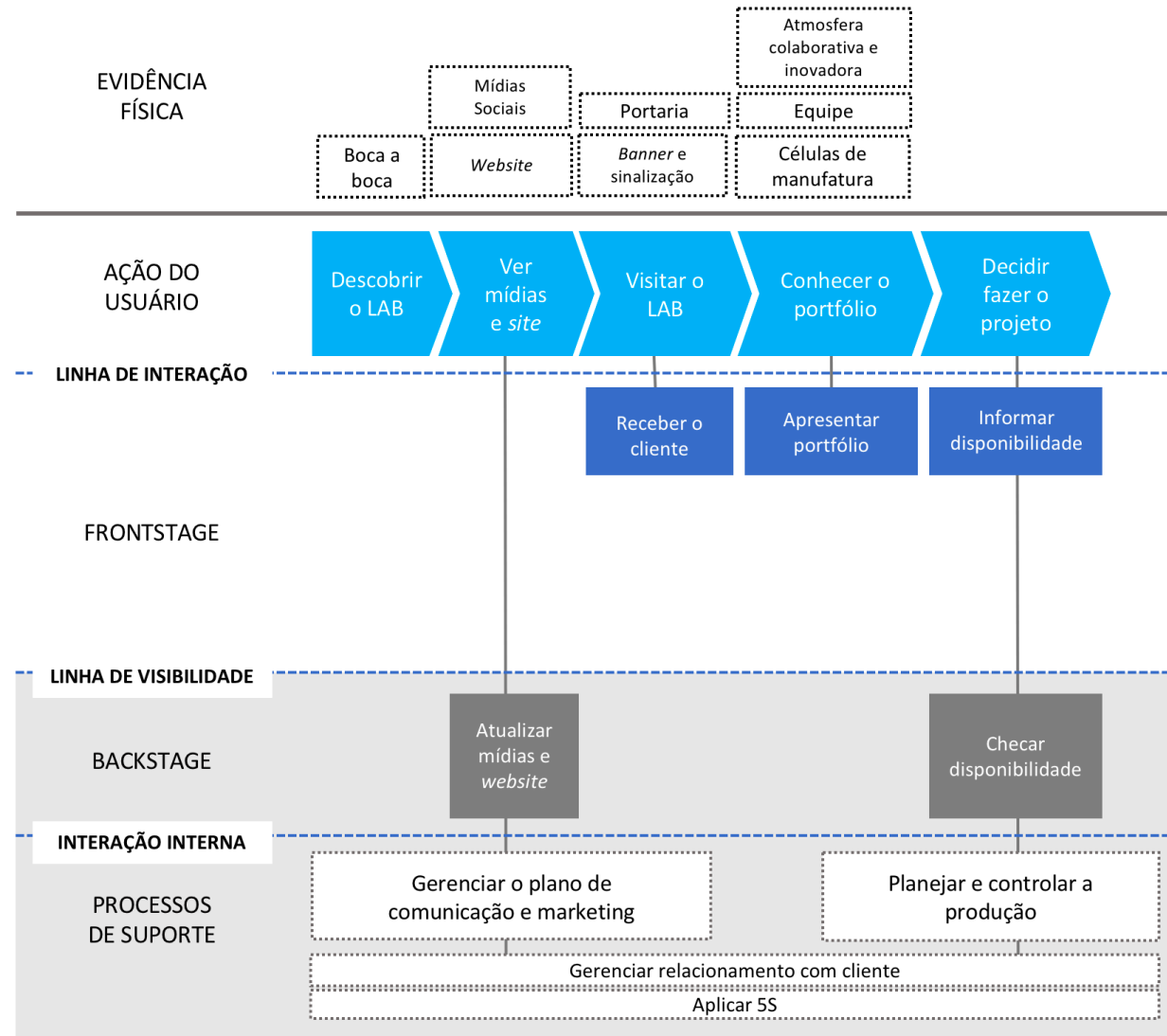
5.1. MAPEAMENTO DOS PROCESSOS DE SERVIÇO

A primeira etapa do projeto do processo do serviço consistiu em mapear o serviço de desenvolvimento de protótipos, utilizando como ferramenta o *blueprint* de serviços. Essa técnica é interessante pela visão holística do sistema que é fornecida, bem como pelo exercício de enxergar o serviço através da perspectiva do cliente.

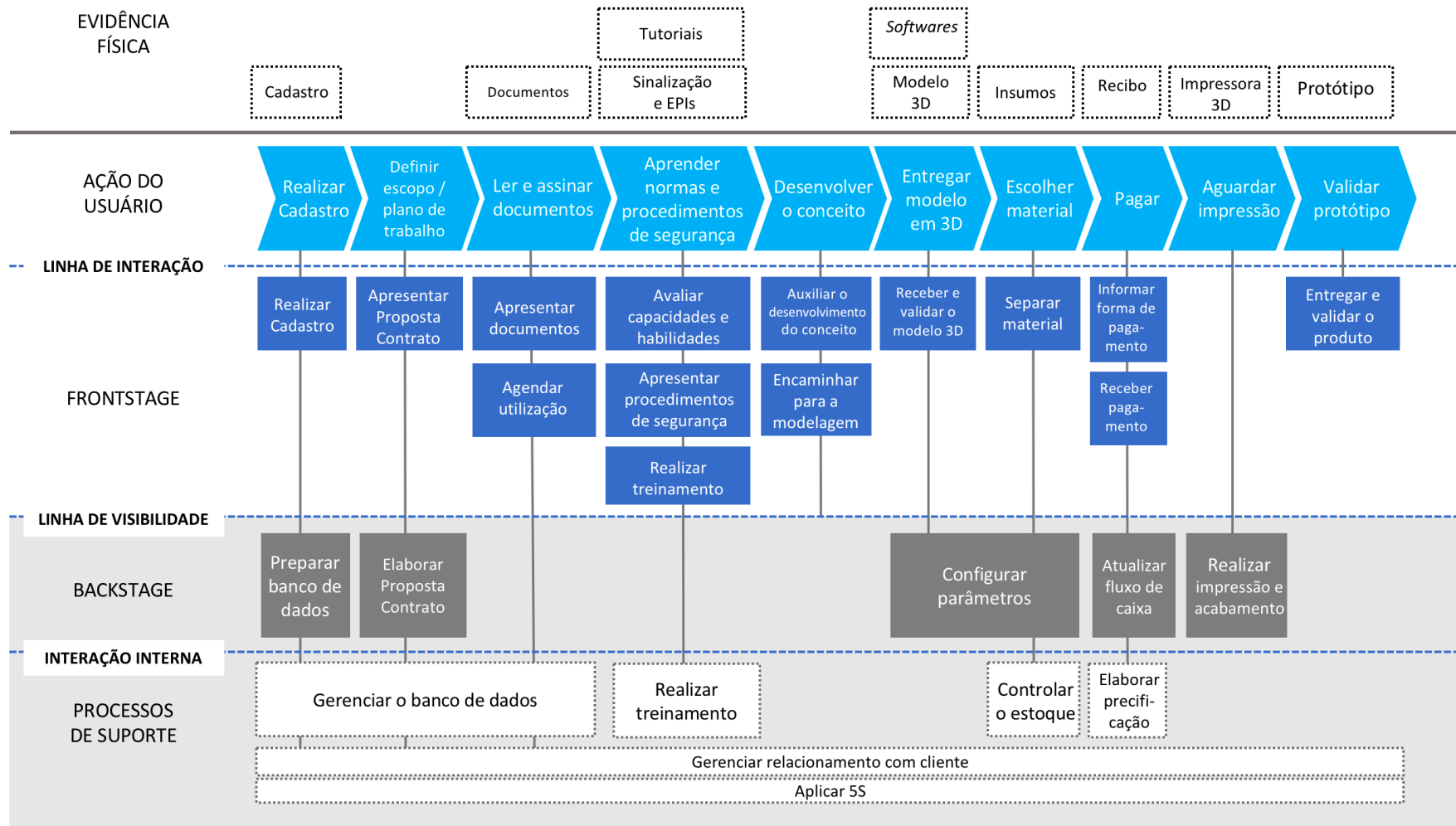
Para o desenho do mapa, foram identificadas quais eram as ações realizadas pelo usuário e as evidências físicas que proporcionavam maior tangibilidade ao serviço. Em seguida, foram listadas as atividades realizadas pela equipe que envolvessem o contato direto com o cliente. Paralelamente, foram levantadas as tarefas executadas pela equipe, sem que houvesse contato com o usuário. Por fim, foram identificados os processos de suporte, que viabilizam a operação do serviço.

Dos processos de suporte, destacam-se a aplicação do 5S e o gerenciamento do relacionamento com o cliente, ambos processos que devem ocorrer durante toda a operação. O primeiro refere-se às boas práticas de manutenção e ordem do espaço, enquanto o segundo ratifica o zelo a ser tido no tratamento com o usuário, durante todas as etapas do serviço.

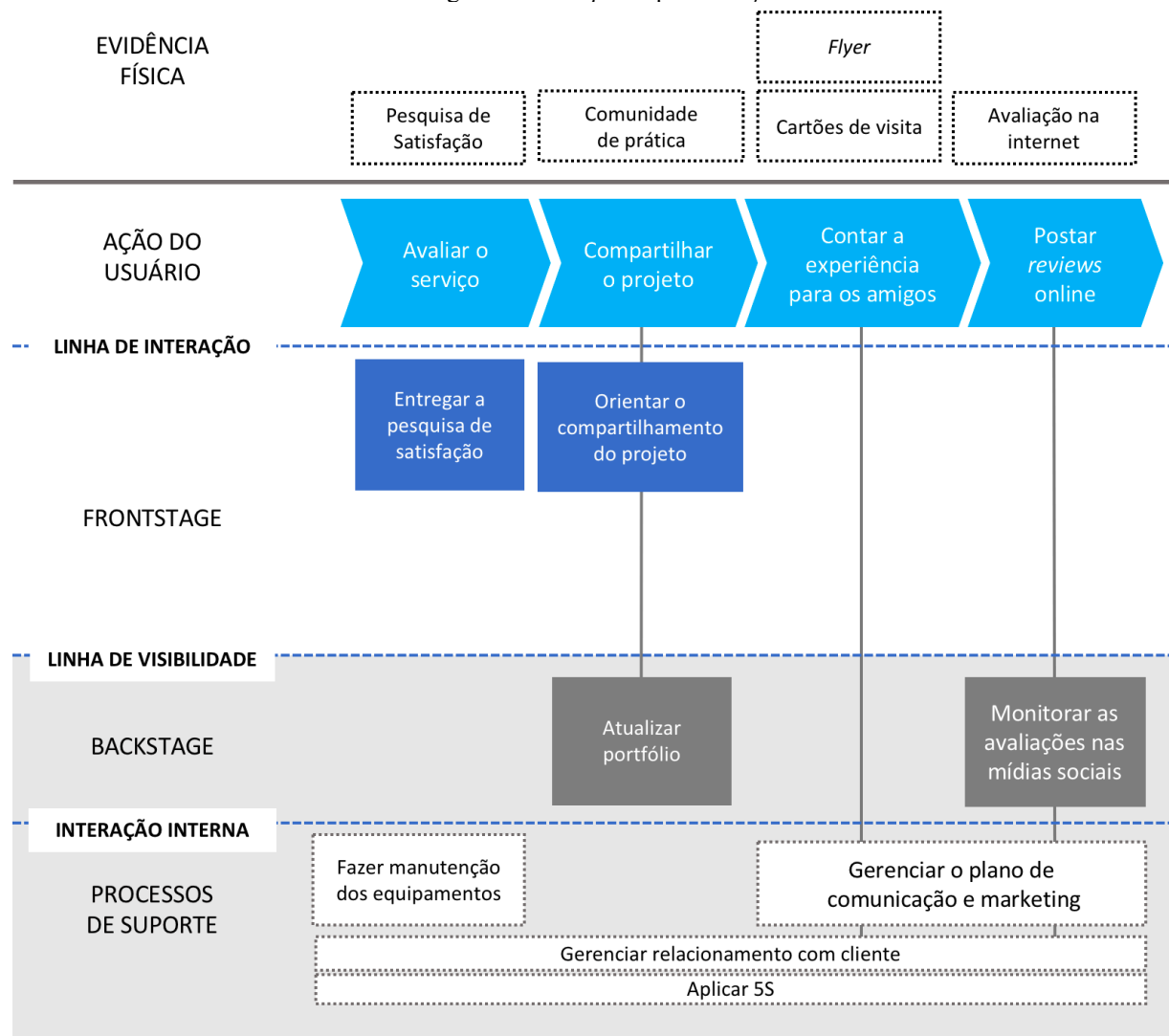
Para adequada compreensão do fluxo e melhor visualização gráfica, optou-se por segmentar a representação em três fases: a Figura 50 apresenta o pré-serviço; a Figura 51 mostra o fluxo durante a execução do serviço; e a Figura 52 representa as ações realizadas depois que o serviço foi concluído.

Figura 50 - *Blueprint*: pré-serviço

Fonte: autora

Figura 51 - *Blueprint*: serviço

Fonte: a autora

Figura 52 - *Blueprint*: pós-serviço

Fonte: a autora

5.2. CONTROLE DOS PROCESSOS DE SERVIÇO

Para garantir a entrega de um serviço consistente para os clientes, é importante realizar o controle dos processos de serviço. Essa prática também é valiosa para determinar as diretrizes do treinamento dos colaboradores e para o preparo do futuro lançamento.

Com o mapeamento dos processos finalizado, foi dado início à identificação das atividades críticas, ou seja, aquelas que exigem maior detalhamento e controle sobre sua forma de execução. Após esse levantamento foi utilizado o ciclo SDCA, cuja primeira fase, *standardize*, tem sua aplicação consolidada através da definição dos procedimentos a seguir.

5.2.1. Procedimentos Operacionais Padrão

O primeiro recurso escolhido para a padronização dos processos foi a elaboração de roteiros que auxiliassem os colaboradores na execução das suas atividades. Por isso, foram criados Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) contendo a descrição dos passos necessários para a realização do trabalho de forma satisfatória. A concepção dos POPs do Laboratório Aberto de Brasília foi inspirada na Cartilha dos Laboratórios Abertos (SENAI, [201-]) que também indica os objetivos do documento, bem como os arquivos utilizados como referência.

O Quadro 9 apresenta o POP relacionado às Condições de segurança para a utilização do laboratório e equipamentos.

Quadro 9 - Condições de segurança para a utilização do laboratório e equipamentos





POP	Condições de segurança para a utilização do laboratório e equipamentos
Objetivo	Orientar sobre as boas práticas para utilização do Laboratório Aberto de Brasília para os serviços de acesso à infraestrutura laboratorial.
Documentos de referência	<ul style="list-style-type: none"> • Cadastro – O cadastro tem como objetivo registrar as informações básicas dos usuários para efeito de controle interno e cobrança de valores. Para realizá-lo, o usuário deve acessar um formulário online disponibilizado pelo laboratório. • Contrato de Uso do Laboratório Aberto – Documento proposto como base no modelo de referência do Laboratório Aberto SENAI/MG, com a intenção de formalizar o acordo do uso do LAB. • Regulamento de Utilização – Este documento tem por finalidade estabelecer regras e boas práticas para o uso do laboratório. Todo usuário, no primeiro dia de utilização, deve receber o documento para leitura. • Termo de Compromisso e Responsabilidade – É um complemento ao Regulamento de Utilização. Todo usuário iniciante, após a leitura do Regulamento de Utilização precisa assinar o Termo de Compromisso e Responsabilidade, alegando estar ciente dos itens descritos e comprometendo-se a prezar pelo bom funcionamento do laboratório.
Descrição das etapas da tarefa	<ul style="list-style-type: none"> • Após o preenchimento adequado dos documentos supracitados, o usuário poderá iniciar a utilização do Laboratório Aberto; • Antes da primeira utilização, o usuário deverá realizar a avaliação de Capacidades e Habilidades e o Treinamento de Segurança e Normas, de forma a garantir seu total entendimento sobre as formas de utilização e segurança do laboratório; • Apenas após a realização dessa avaliação, treinamento e orientação na utilização das máquinas, ferramentas e equipamentos é que o usuário está apto a fazer uso da infraestrutura; • Durante todo o tempo de permanência dos usuários no laboratório, pelo menos um colaborador deve acompanhar a utilização dos equipamentos, ferramentas e máquinas, não permitindo que pessoas não credenciadas utilizem as máquinas e equipamentos indevidamente; • O laboratório é aberto para o uso compartilhado dos seus associados, porém a reserva de algum equipamento ou máquina específica poderá ser realizada, de acordo com a disponibilidade e preferência daquela feita com maior antecedência. • O Laboratório Aberto deverá ter alguém responsável pelo controle de acesso dos usuários a suas dependências. Este controle de acesso pode ser feito através de crachás, biometria, cartão magnético ou até mesmo com uma lista na entrada informando quem utilizou o laboratório e em qual horário.

Fonte: adaptado de SENAI, [201-]

Ainda sobre a última etapa descrita a respeito das condições de segurança, foi estabelecida uma política de controle de acesso, em que os equipamentos foram classificados tendo como

base a sua respectiva complexidade e custo de manutenção. O Quadro 10 apresenta os quatro tipos de acesso.

Quadro 10 - Controle de acesso

Tipo de acesso		Descrição	Equipamentos e máquinas
	Acesso livre	O usuário pode utilizar os equipamentos sem comprovação de habilidades.	<ul style="list-style-type: none"> • Instalações do <i>Coworking</i>
	Acesso concedido	O usuário pode utilizar os equipamentos e máquinas mediante a comprovação de conhecimentos e habilidades de operação destes.	<ul style="list-style-type: none"> • Ferramentas da célula de marcenaria (furadeira, serra, etc); • Componentes eletrônicos da célula de eletrônica.
	Acesso monitorado	O usuário só pode utilizar os equipamentos e máquinas com a supervisão da equipe do LAB	<ul style="list-style-type: none"> • Impressoras 3D – FDM; • Osciloscópio; • Estação de solda eletrônica; • Fonte de alimentação; • Gerador de função.
	Acesso restrito	A operação é restrita apenas à equipe do LAB.	<ul style="list-style-type: none"> • Impressora 3D Objet30 Pro - Stratasys

Fonte: a autora

Outro procedimento essencial para o pleno funcionamento da operação é o controle e fornecimento de insumos e equipamentos de proteção individual (EPI) utilizados, disposto no Quadro 11.

Quadro 11 - Controle e fornecimento de insumos e equipamentos de proteção individual

POP	Controle e fornecimento de insumos e equipamentos de proteção individual
Objetivo	Orientar a equipe do Laboratório Aberto de Brasília quanto às práticas para controle e fornecimento de insumos e EPI's para os usuários.
Documentos de referência	<ul style="list-style-type: none"> • Planilha “Controle de Estoque” – Este documento lista toda relação de insumos existentes para a operação do Laboratório Aberto de Brasília.
Descrição das etapas da tarefa	<ul style="list-style-type: none"> • Todo insumo a ser utilizado é de inteira responsabilidade do usuário, não sendo o Laboratório Aberto de Brasília obrigado a fornecer nenhum insumo. Nos casos onde o LAB tenha disponibilidade para fornecimento, este deverá informar aos usuários a relação dos insumos disponíveis e como será a forma de cobrança dos insumos utilizados. • Para cada usuário do Laboratório Aberto deverá haver uma ficha com a relação de insumos e EPI's solicitados pelo usuário para cobrança. • Assim como para o fornecimento de insumos, o Laboratório Aberto disponibiliza EPI's necessários para o manuseio das máquinas e equipamentos. Porém, é de inteira responsabilidade do usuário adquirir os EPI's que não estão englobados na relação do LAB. A organização deverá informar aos usuários a relação de EPI's disponíveis. • Os insumos e EPI's fornecidos pelo laboratório deverão ser controlados pela equipe, que também deverá estar ciente da quantidade utilizada e da necessidade de pedido para reposição, de forma garantir os níveis de estoque estabelecidos. • Os pedidos de compras deverão ser encaminhados à área responsável por aquisição de materiais e encaminhados para FINATEC.

Fonte: adaptado de SENAI, [201-]

Também foi percebida a necessidade de fornecer instruções a respeito das vias de captação de serviços de prototipação, informações essas apresentadas no Quadro 12.

Quadro 12 - Captação de serviços de prototipação

POP	Captação de serviços de prototipação
Objetivo	Orientar a equipe quanto as possíveis vias de captação para realização de serviços de prototipação
Documentos de referência	<ul style="list-style-type: none"> • Chamada de Projetos SIBRATECSHOP– Apoio a Prototipação de Soluções Inovadoras.
Descrição das etapas da tarefa	<ul style="list-style-type: none"> • A captação de serviços de prototipação pode ocorrer via fluxo contínuo, com apresentação da ideia proposta a qualquer momento. Além disso, pode ser feito através de chamada de projetos em parceria com a instituição que subvencionará o desenvolvimento do protótipo. • As ideias submetidas via fluxo contínuo devem ser analisadas pela área de competência relacionada à ideia, quanto a sua viabilidade de execução. Caso necessário, agenda-se uma reunião com o proponente da ideia a fim de apresentar uma proposta técnica para desenvolvimento do protótipo. • As ideias submetidas via Chamada de Projetos deverão seguir as regras estabelecidas na referida chamada para a etapa de seleção. Esta chamada deverá ser elaborada juntamente com a instituição interessada em subvencionar os projetos.

Fonte: adaptado de SENAI [201-]

Por fim, entende-se que é necessário o estabelecimento de indicadores e metas que auxiliem na avaliação do desempenho da execução da estratégia. Tal procedimento é descrito no Quadro 13.

Quadro 13 - Avaliação de desempenho

POP	Avaliação de desempenho
Objetivo	Orientar a equipe do Laboratório Aberto de Brasília quanto ao controle e registro dos indicadores de desempenho, para que estes sirvam como forma de identificar avanços, melhorias, correção de problemas e necessidades de mudanças na estratégia.
Documentos de referência	<ul style="list-style-type: none"> • Plano de Avaliação do Desempenho – documento proposto com base no modelo de referência fornecido pelo SENAI DN.
Descrição das etapas da tarefa	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecer metas associadas aos indicadores a serem acompanhados; • Definir responsabilidades por monitoramento e atualização das informações; • Realizar avaliação periódica dos resultados alcançados; • Elaborar planos de ação para potencializar resultados; • Redigir relatório de resultados periodicamente, conforme cronograma a ser divulgado.

Fonte: adaptado de SENAI, [201-]

Posto que foram estabelecidos padrões para a realização desses procedimentos, foi iniciada a execução dos processos, os quais terão seu desempenho verificado, de maneira a fornecer informações quanto à necessidade de melhorias na conformação e redação dos POPs.

5.2.1. Mecanismos à prova de falhas

Buscando prevenir a ocorrência de falhas nas operações do LAB, e baseado no modelo de Corrêa e Caon (2002), foram desenvolvidos mecanismos à prova de falhas do servidor, apresentados no Quadro 14, e mecanismos à prova de falhas do cliente, indicados no Quadro 15.

Quadro 14 - Mecanismos à prova de falhas do servidor

Mecanismos à prova de falhas do servidor		
Classe	Possíveis falhas	Mecanismos
Tarefa	<ul style="list-style-type: none"> Fazer o trabalho diferente do solicitado Fazer trabalho não solicitado; Fazer o trabalho incorretamente; Fazer o trabalho muito lentamente. 	<ul style="list-style-type: none"> Manuais; Procedimento operacional padrão para verificação do serviço solicitado pelo cliente; Validação do protótipo; Cronograma e controle de prazos.
Tratamento	<ul style="list-style-type: none"> Não notar o cliente; Não ouvir o cliente; Não reagir adequadamente ao cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> Mapeamento de expectativas e tratamento esperado pelos usuários; Treinamento sobre competências socioemocionais;
Tangíveis	<ul style="list-style-type: none"> Falha na limpeza das instalações; Falha nos estocáveis entregues; Falha nos documentos. 	<ul style="list-style-type: none"> Auditoria rotineira no emprego de 5S; Manter o nível de estoques seguro para eventuais emergências; <i>Template</i> de documentos, contendo o autor e data de modificação.

Fonte: a autora

Quadro 15 - Mecanismos à prova de falhas do cliente

Mecanismos à prova de falhas do cliente		
Classe	Possíveis falhas	Mecanismos
Pré-serviço	<ul style="list-style-type: none"> Falha em comparecer ao encontro do serviço; Falha na formação de expectativas; Falha em demandar o serviço correto; Falha em saber seu papel no encontro do serviço; 	<ul style="list-style-type: none"> Ligações para confirmar a reserva; Vídeos exibindo o portfólio e etapas do serviço; Ligações para lembrar os clientes de condições especiais de preparo ou materiais necessários.
Serviço	<ul style="list-style-type: none"> Falha em seguir o fluxo do processo; Falha em lembrar-se dos passes certos; Falha em especificar os desejos; Falha em seguir instruções. 	<ul style="list-style-type: none"> Controle de acesso; Placas sinalizadoras; Fluxogramas contendo o passo a passo do processo; Representação virtual de como será o protótipo; Apresentação de outros protótipos de diferentes tipos (material, conformação, acabamento); Advertência caso as normas de segurança não sejam seguidas;
Pós-serviço	<ul style="list-style-type: none"> Falha em seguir as recomendações pós-encontro com o serviço; Falha em aprender com a experiência; Falha em apontar os problemas apresentados. 	<ul style="list-style-type: none"> Lembrar as recomendações; Cadastro na comunidade de prática; Envio de questionário de satisfação para avaliar a qualidade do serviço.

Fonte: a autora

5.3. PROCESSO DE ENTREGA DO SERVIÇO

Como a produção dos serviços não pode ser separada do seu consumo, projetar a entrega do serviço constitui quase que basicamente em identificar como se dá o contato dos clientes com a organização.

Lovelock e Wright (2002) distinguem o contato com o cliente de serviços nos níveis alto, médio e baixo. Compreender essa categorização é relevante para identificar o grau de imprevisibilidade dos processos de serviço. O Quadro 16 apresenta o nível e o tipo de contato para cada serviço prestado no LAB.

Quadro 16 - Nível de contato dos serviços

Serviço	Nível de contato	Tipo de contato
Desenvolvimento de protótipos	Alto a médio contato	Encontro face a face e remoto
Acesso à infraestrutura	Alto contato	Encontro face a face
Capacitação	Alto contato	Encontro face a face

Fonte: a autora

O serviço de desenvolvimento de protótipos apresenta um alto nível de contato quando todas as fases do processo (a partir do conceito do produto) são realizadas dentro da

infraestrutura do laboratório. No entanto, se o cliente pular algumas etapas, já estiver com o modelo 3D ou o enviar por *e-mail*, o nível de contato é reduzido significativamente, exigindo menos envolvimento dos clientes com os provedores.

O acesso à infraestrutura também conta com um alto nível de contato. O serviço resume-se à visita pessoal do usuário às instalações do LAB, estando ele ativamente envolvido pela organização ao longo da prestação do serviço.

Similarmente, o serviço de capacitação é dito de alto contato com o cliente, pois os treinamentos são ministrados pessoalmente. Ao mesmo tempo, são disponibilizados tutoriais e manuais de instruções como suporte, mas esses não constituem a essência do serviço.

Os serviços listados apresentam em comum o alto contato com os clientes, o que preconiza uma alta impresvisibilidade dos processos de negócio. Isso implica que os colaboradores também sejam recrutados por suas habilidades socioemocionais e treinados para lidar com essas situações de incerteza.

5.4. RECRUTAMENTO E TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS DE SERVIÇOS

Apesar da importância de todos os componentes organizacionais já citados, as pessoas se caracterizam como o alicerce primordial do Laboratório Aberto de Brasília. Para assegurar um bom desempenho durante do serviço, é necessário certificar que os provedores estejam bem equipados com habilidades técnicas, procedimentais e socioemocionais indispensáveis para a feitura do trabalho. A seguir é apresentada a estrutura dos recursos humanos estabelecida para o LAB.

5.4.1. Recrutamento

O recrutamento é um processo de suporte de relevância estratégica. Uma seleção bem feita assegura que os colaboradores e apoiadores do LAB compartilhem dos mesmos valores da organização e atuem como guardiões da sua cultura.

Ao mesmo tempo que é exigida a compatibilidade de princípios, é necessária a manutenção da pluralidade. O LAB se propõe a ser um ambiente diverso (em termos de formação, gênero, raça, idade, interesses, etc.), de maneira a contribuir para uma comunidade mais inclusiva e inovadora.

5.4.1.1. Professores

Objetivando maior alcance e impacto dos resultados, o Laboratório Aberto de Brasília foi submetido à seleção e qualificado como Programa de Extensão da UnB. Para tal feito, foram recrutados dez professores de três unidades acadêmicas: Faculdade de Tecnologia, Departamento de Ciências da Computação e Faculdade do Gama.

Os docentes vinculados ao programa auxiliam na consolidação das metodologias ativas de ensino e orientam os alunos que compõem a equipe do LAB. Os educadores não se encontram instalados fisicamente no laboratório, no entanto, suas respectivas salas estão situadas nas proximidades do empreendimento.

Nessa conformação, estão representados os seguintes cursos de graduação: Engenharia de Produção; Engenharia Mecânica; Engenharia Elétrica; Ciências da Computação; e de pós-graduação: Sistemas Mecatrônicos; Engenharia Biomédica e Ciências da Reabilitação e Ciências e Tecnologia em Saúde.

O Laboratório Aberto de Brasília também está disponível para outros professores da comunidade acadêmica mediante o aceite das regras de uso do espaço e contrapartida.

5.4.1.1. Alunos

Ao longo do projeto de implementação, foram recrutados e selecionados onze alunos incumbidos de operar e manter o LAB. Os estudantes foram prospectados através de estágios (obrigatório e não obrigatório), bolsas de extensão, trabalho de conclusão de curso (TCC) e mestrado acadêmico.

No Quadro 17 é mostrada a relação dos cursos nos quais os alunos colaboradores estão matriculados, bem como suas respectivas unidades acadêmicas, tipo de vínculo com a iniciativa e o programa ao qual estão submetidos.

Quadro 17 - Relação de alunos colaboradores

Programa	Curso	Unidade Acadêmica	Tipo
Pós-Graduação	Sistemas Mecatrônicos	FT	Mestrado Acadêmico
Pós-Graduação	Sistemas Mecatrônicos	FT	Mestrado Acadêmico
Pós-Graduação	Sistemas Mecatrônicos	FT	Mestrado Acadêmico
Graduação	Eng. Produção	FT	TCC e Estágio Obrigatório
Graduação	Eng. Produção	FT	TCC
Graduação	Eng. Produção	FT	TCC
Graduação	Eng. Mecatrônica	FT	Estágio Obrigatório
Graduação	Eng. Mecânica	FT	Bolsa de Extensão
Graduação	Eng. Mecânica	FT	Bolsa de Extensão
Graduação	Eng. Mecânica	FT	Bolsa de Extensão
Graduação	Comunicação Social	FAC	Estágio Não Obrigatório

Fonte: a autora

As tarefas realizadas por cada integrante da equipe estão diretamente relacionadas com o curso estudado. Assim, os alunos de Engenharia Mecânica, Engenharia Mecatrônica e Sistemas Mecatrônicos são responsáveis pela manutenção das células de manufatura, enquanto os alunos de Engenharia de Produção são responsáveis pela gestão da operação do laboratório. A aluna de Comunicação Social é encarregada por desenvolver os artefatos utilizados na promoção da organização.

5.4.1.1. Técnicos

Num primeiro momento, para a implementação do projeto-piloto, foi solicitado o apoio dos profissionais que já atendem os departamentos de Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica da Faculdade de Tecnologia. Esses técnicos não possuem vínculo direto com o LAB, mas têm disponibilidade para o atendimento de demandas pontuais.

Paralelamente, durante visitas a outros espaços de prototipação, foi percebida a necessidade da contratação de especialistas designados para a execução de funções técnicas no laboratório. Assim, estão sendo estudadas as vias de contratação de pelo menos três profissionais:

- 1 Técnico em Mecânica – responsável pela célula de manufatura aditiva e marcenaria e metalomecânica;
- 1 Técnico em Elétrica – responsável pela célula de eletrônica;
- 1 Técnico em Engenharia de Produção – responsável pela gestão e operação do LAB.

Acredita-se que essa configuração seja a ideal para o pleno funcionamento e eficiência das operações.

5.4.2. Treinamento

Para certificar o alinhamento do corpo docente vinculado ao Programa de Extensão LAB, os professores são informados quanto às estratégias de implementação do laboratório e incitados a adotar práticas com a abordagem ativa de ensino.

A partir dessa perspectiva, é factível uma maior integração do currículo com as atividades realizadas pelos estudantes fora da aula. Como os alunos integrantes da equipe desempenham funções ligadas diretamente à área-fim dos seus cursos na universidade, o LAB se configura como oportunidade de se aplicar na prática o que foi aprendido em classe.

Assim como são oferecidos serviços de capacitação para a comunidade, os colaboradores igualmente participam de cursos, oficinas e palestras ministrados por seus colegas. Já para as tarefas rotineiras, que exigem um maior grau de padronização, são fornecidos roteiros de operação e tutoriais, os quais já foram abordados em tópicos anteriores.

À equipe também é ofertada formação técnica para a operação de equipamentos específicos, como é o caso da impressora 3D Objet30 Pro. Além dos treinamentos formais, durante o trabalho, os estudantes também aprendem uns com os outros de maneira informal.

Ainda seguindo os princípios das metodologias ativas, é cultivada a autonomia e empoderamento dos alunos. A equipe é encorajada a contribuir com ideias e sugestões, e tem considerável liberdade para decidir como o trabalho deve ser feito e quais habilidades devem ser empregadas. Os estudantes são convidados a se sentirem “donos do negócio”.

Ademais, semanalmente são realizadas reuniões, nas quais há um espaço para investigar as necessidades de treinamento e atitudes necessárias para melhor atendimento ao cliente. Nessas conversas também são apresentadas informações sobre o desempenho da organização e o desenvolvimento do serviço prestado.

Já os técnicos atuais não apresentam alto grau de contato com os demais colaboradores. Isto ocorre por estarem destinados às outras atribuições e desempenharem apenas funções de suporte muito específicas. Ao mesmo tempo, esses profissionais recebem informações sobre a organização e são convidados para participar sobre treinamentos e palestras.

6. PROJETO DAS INSTALAÇÕES DO SERVIÇO

Esta etapa consiste em selecionar a localização das instalações, gerir as evidências físicas, desenvolver o projeto do espaço físico e apresentar o estudo da capacidade produtiva.

6.1. SELEÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES

Devido à origem da proposta do Laboratório Aberto de Brasília, é consenso que este deva estar localizado dentro da Universidade de Brasília, no Campus Darcy Ribeiro, o mais próximo possível dos alunos de engenharia.

Inspirado no LAB *Truck* da FIEMG, o projeto do Laboratório Aberto de Brasília foi concebido inicialmente para ser uma unidade móvel, comportada dentro de um *container*. Com o auxílio de um caminhão, o laboratório itinerante poderia ser transportado para diferentes rotas e quando não estivesse em curso, estaria assentado do lado de fora do Bloco G, prédio anexo à Faculdade de Tecnologia.

Uma observação importante é que os recursos do projeto de implementação do LAB têm um prazo curto para serem empregados. Caso não seja aplicada no tempo previsto, a verba do projeto deve ser restituída ao órgão que a concedeu. Assim, a disponibilidade iminente do espaço e rapidez na adaptação da infraestrutura são fatores imperativos na escolha da sua localização.

Ao decorrer de reuniões realizadas com parceiros estratégicos, foram levantadas condições desfavoráveis para o sucesso do projeto. Segurança patrimonial, conforto térmico, área de trabalho disponível, alto investimento na aquisição e adaptação da unidade, bem como o extenso tempo de entrega e instalação do *container* foram as principais preocupações que demonstraram a inviabilidade de executar o projeto original, gerando a busca por novas oportunidades para a acomodação do LAB.

Visando manter a premissa de proximidade com os alunos de engenharia da Faculdade de Tecnologia, foram examinadas possibilidades de espaços ociosos dentro do Bloco G. Foi encontrado um laboratório inoperante, equipado com instrumentos para estudo de microbiologia e cujas instalações eram passíveis de serem adaptadas para o novo empreendimento. Esse espaço era identificado como LABSAM e se encontrava na sala GT – 21/9.

Para garantir que o local disponível fosse adequado aos propósitos do LAB, foram identificados e analisados os fatores de influência da oferta e da demanda na tomada de decisão

da localização (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009). Essa análise tem como objetivo garantir que o LAB esteja situado de forma a minimizar os custos espacialmente variáveis e maximizar os serviços ao cliente.

Foram identificados como fatores do lado da oferta de localização:

1. *Custos com mão de obra.* Estar localizado dentro da universidade favorece o recrutamento de voluntários, bolsistas, técnicos e professores que viabilizam a operação. Devido a essa facilidade, é levantada a possibilidade do compartilhamento de técnicos com a universidade.
2. *Custos de terreno.* Em sendo um projeto vinculado à UnB, não é necessário despendar custos com aluguel ou aquisição de terreno. Essa é uma redução de custo significativa, visto que a universidade está localizada em uma área central de Brasília, cujo preço do m² é bastante elevado.
3. *Custos de energia.* Assim como o terreno, os custos com energia são cobertos pela própria universidade. O LAB utiliza a mesma rede fornecida a todo o Bloco G.
4. *Transporte.* Toda compra realizada pelo LAB é entregue pelo fornecedor na FINATEC, que também está localizada no complexo universitário. Essa proximidade com a fundação de apoio é benéfica não somente para a agilidade na entrega dos insumos, mas também para a viabilidade da utilização do serviço de almoxarifado desta. O Bloco G está assentado ao lado da Faculdade de Tecnologia, e nele estão situadas oficinas de projetos de extensão e salas de professores, reforçando a conveniência da posição do LAB para os prestadores de serviços (voluntários, bolsistas e Professores da UnB).

Como influências do lado da demanda foram identificadas:

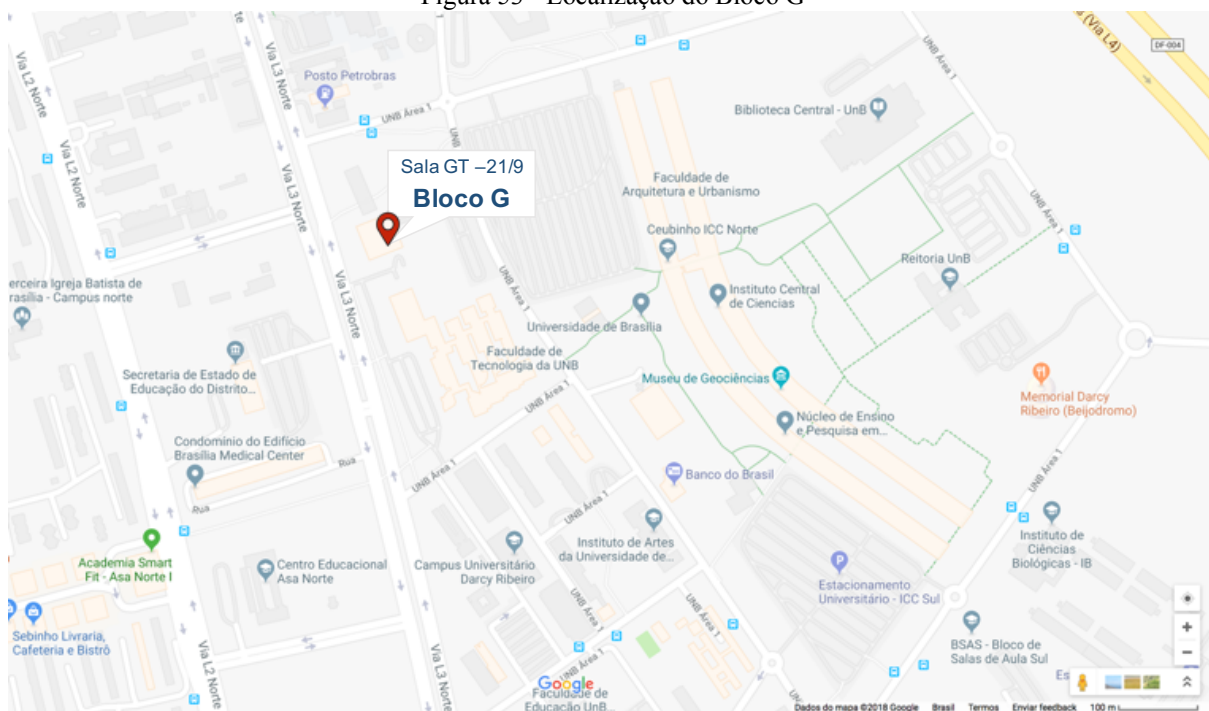
1. *Habilidade da mão de obra.* A proximidade do local com um núcleo de tecnologia colabora para a aquisição de habilidades técnicas nas áreas-fim do laboratório, como manufatura aditiva, metalomecânica e eletrônica.
2. *Imagem do local.* A associação da imagem do LAB com a Universidade de Brasília, em especial com a FT se mostra muito positiva para o fortalecimento da marca, reforçando o conceito de ambiente de aprendizagem ativa.
3. *Conveniência para os clientes.* De todas as influências, essa se destaca como a mais relevante para a tomada de decisão quanto à localização do LAB. É observado que:
 - a. O espaço analisado se encontra no bloco adjacente ao edifício de salas de aula da FT e se situa no mesmo *hub* de outros projetos de extensão como equipes de competição e empresas juniores. Esta localização facilita o acesso para

potenciais clientes internos, além de melhorar o fluxo de informações e a troca de experiências entre eles;

- b. Essa posição também se configura conveniente para clientes externos, visto que o prédio está situado em uma zona central de Brasília, junto à L3, uma das principais vias da cidade. Para os que chegam de carro há um estacionamento gratuito, mas também é possível acessar o recinto por meio das ciclovias e de transporte público;
- c. Também se configuram como comodidade para os clientes, as proximidades com um posto de gasolina e restaurantes de *fast-food*.

Analisando os fatores de influência do lado da oferta e da demanda, foi averiguado que o local disponível, a sala GT- 21/9, antigo LABSAM, é uma alternativa viável e adequada para a instalação do novo laboratório. A localização do Bloco G, prédio em que é situada a sala escolhida, pode ser observada na Figura 53.

Figura 53 - Localização do Bloco G



Fonte: extraído do Google Maps

É importante acrescentar que próximo ao Bloco G, encontra-se um outro prédio em construção, cujo término da obra está estimado para o segundo semestre de 2018. A previsão é de que as oficinas das equipes de competição sejam realocadas para esse edifício, e a direção

da Faculdade de Tecnologia já sinalizou a possibilidade de expansão do LAB para esse novo bloco.

6.2. GESTÃO DAS EVIDÊNCIAS FÍSICAS

Lovelock e Wright (1999) explicam que devido à intangibilidade dos serviços, a avaliação destes pelos clientes se torna tarefa difícil. Assim, os usuários buscam evidências físicas que deem pistas a respeito da qualidade do serviço e possam auxiliá-los na tomada de decisão. Os autores apresentam ainda quatro componentes da evidência física: i) funcionários do serviço – administrativo e de operações; ii) instalações físicas e equipamentos – área interna e externa do serviço; iii) comunicações impessoais – propagandas, brochuras, manuais de instrução e sinalização; e iv) outras pessoas - boca a boca e outros usuários presentes na prestação do serviço.

Identificar e gerenciar as evidências físicas é uma atividade importante na compreensão dos fatores que influenciam a percepção de serviço, bem como sua qualidade e valor agregado. No Quadro 18, são apresentados os componentes tangíveis que facilitam a comunicação e/ou o desempenho do serviço de desenvolvimento de protótipos prestado pelo LAB:

Quadro 18 - Evidências Físicas

Evidência	Descrição
Boca a boca	Essa é uma das principais fontes de prospecção do Laboratório Aberto e, portanto, deve ser incentivada.
Mídias sociais	O Laboratório Aberto de Brasília possui uma página no <i>Facebook</i> e um grupo de <i>e-mails</i> . As mídias devem ser utilizadas para informar os serviços, eventos e demais novidades do LAB, gerar conteúdo relevante e também abrir um canal de comunicação com os clientes. O uso de outras mídias sociais está sendo estudado.
<i>Website</i>	Além das mídias sociais, o LAB possui um <i>website</i> contendo informações sobre o pacote de serviços, instalações, horário de funcionamento e contato.
Portaria do Bloco G	Para acessar o LAB, é necessário passar pela portaria do Bloco G. Os colaboradores que trabalham na portaria são instruídos a informar aos visitantes a localização do LAB.
Sinalização da entrada	Na porta do laboratório há um letreiro, impresso em impressora 3D, indicando a entrada do LAB (Figura 54).

<i>Banner</i>	Também com a intenção de facilitar a localização do LAB, do lado de fora, está sempre disposto um <i>banner</i> . Este tem caráter informativo a respeito de eventos e serviços prestados.
Atmosfera colaborativa e inovadora	<p>Este item contempla um conjunto de evidências físicas que diferenciam o LAB dos demais espaços existentes no prédio e estimulam a arquitetura de uma atmosfera colaborativa e inovadora. Para a construção dessa imagem, foi retirada a divisória que desmembrava o ambiente, de forma a conectar o <i>coworking</i> com a área de manufatura aditiva. Essa nova configuração permite que o fluxo de informações seja mais fluido e facilita a troca de experiências.</p> <p>Outros artigos que auxiliam a construir essa experiência são as cadeiras coloridas, um quadro branco e uma mesa de projetos revestida em fórmica (Figura 55), na qual se é possível desenhar protótipos. O espaço é bem iluminado, limpo e mantido em temperatura agradável.</p> <p>Por fim, a equipe é instruída a incentivar a colaboração entre os usuários, de maneira a fomentar o surgimento de novos e melhores projetos.</p>
Equipe	<p>A equipe do LAB é composta por bolsistas e voluntários que possuem habilidades gerenciais e técnicas para a operação das células de manufatura. É estudada a possibilidade da contratação de técnicos para incorporar o quadro de funcionários.</p> <p>Os integrantes do time são encorajados a serem autônomos e também recebem orientações a respeito do tratamento com os usuários, de maneira a criar uma atmosfera livre de riscos para o aprendizado.</p>
Células de manufatura	Para facilitar o fluxo de atividades que produzem o serviço, o LAB é organizado em torno de três células de manufatura: célula de metalomecânica e marcenaria; célula de eletrônica e célula de manufatura aditiva. Cada célula está equipada com equipamentos e ferramentas que viabilizam a construção de protótipos respectivos à sua área.
Documentos	Para usufruir dos serviços do LAB, é necessária a leitura do Regulamento de Utilização e assinatura do Contrato de Uso do Laboratório Aberto e do Termo de Compromisso e Responsabilidade.
Tutoriais	Anexos ao Regulamento de Utilização estão os tutoriais para uso dos equipamentos, que instruem os usuários quanto à operação das máquinas.
Sinalização	No LAB estão dispostas placas de sinalização de segurança e também esquemas instrutivos a respeito da operação dos equipamentos.
EPIs	É obrigatório o uso de Equipamentos de Proteção Individual – EPIs e estes são oferecidos pelo próprio laboratório (Figura 57).
Softwares	Para a modelagem e preparação da impressão 3D são utilizados <i>softwares</i> CAD, fatiadores, entre outros.

Modelo 3D	Para a impressão 3D de um objeto, é necessário o desenvolvimento do seu modelo em CAD. O modelo é validado por um especialista, além de serem estudadas as melhores configurações para a impressão.
Insumos	No desenvolvimento dos protótipos podem ser utilizados materiais como filamentos de ABS, filamentos de PLA, componentes eletrônicos, tinta, materiais para acabamento, entre outros.
Recibo	Após o pagamento do serviço, é entregue um recibo ao cliente, comprovando a transação.
Impressoras 3D	O LAB está equipado com 4 impressoras de manufatura aditiva (Figura 56), das quais 3 permitem a visualização da peça enquanto ela está sendo fabricada.
Protótipo	Esta é a principal saída do processo de desenvolvimento de protótipos. Antes de sua entrega final, o protótipo deve ser validado pelo cliente.
Pesquisa de satisfação	Ao término do serviço, é entregue aos usuários uma pesquisa de satisfação, que busca medir o desempenho do serviço prestado e as percepções do cliente.
Cartões de visita	Aos visitantes são oferecidos cartões de visita com as informações de contato, endereço e mídias sociais do laboratório.
<i>Flyer</i>	São disponibilizados <i>flyers</i> contendo o portfólio de serviços e demais facilidades do LAB.
Comunidade de prática	O usuário pode escolher fazer parte da comunidade de prática do LAB, uma rede criada para o compartilhamento de experiências, apoio a novos projetos e capacitações.

Fonte: a autora

A seguir, são apresentadas imagens de algumas das evidências físicas identificadas:

Figura 54 - Letreiro do LAB sinalizando a entrada



Fonte: a autora

Figura 55 - Mesa de projetos revestida em fórmica



Fonte: a autora

Figura 56 - Impressora 3D Objet30 Pro de tecnologia PolyJet



Fonte: a autora

Figura 57 (a) e (b) - Equipamentos de proteção individual



(a)

(b)

Fonte: a autora

Informações mais detalhadas a respeito das evidências físicas aqui apresentadas podem ser encontradas no Apêndice II deste trabalho.

6.3. PROJETO DO ESPAÇO FÍSICO

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009), o arranjo físico de uma operação consiste na disposição física dos recursos transformadores. A decisão de onde colocar as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal de operação é importante pois influencia diretamente em como os recursos transformados fluirão pela operação.

Como mencionado anteriormente neste capítulo, o projeto inicial de implementação do Laboratório Aberto de Brasília foi concebido para ser assentado em um *container*, cuja planta baixa pode ser encontrada no Anexo I. Depois de inviabilizado o planejamento preliminar, a sala GT – 21/9, identificada como LABSAM, foi eleita como a melhor alternativa para a execução do LAB.

O primeiro passo no projeto das instalações do serviço foi examinar as características do espaço escolhido, de maneira a entender quais eram suas limitações e como ele poderia ser melhor aproveitado. Para tanto, foram solicitadas as plantas baixas do estabelecimento, tanto a de móveis, quanto a referente à parte elétrica.

Ainda no processo de estudo do local, foi solicitada uma análise da carga na rede elétrica da sala GT – 21/9. Esse diagnóstico era fundamental para esclarecer se a rede teria a capacidade de suportar todos as máquinas e equipamentos e se seria necessário realizar alguma alteração. Junto a esse estudo, foi solicitada uma especificação técnica para o dimensionamento de um condicionador de ar apropriado para manter o LAB termicamente confortável.

Como resultado, o parecer técnico informou que não eram necessárias alterações na rede elétrica e que a melhor estratégia para a manutenção da temperatura era a acomodação de um condicionador de ar de 30.000 BTU/h (monofásico). As plantas baixas da sala GT - 21/9 (LABSAM) e o levantamento da carga na rede elétrica podem ser acessados no Anexo I.

Acatando a sugestão feita, um equipamento de ar condicionado com as devidas especificações foi adquirido e sua instalação pode ser vista na Figura 58.

Figura 58 - Instalação do condicionador de ar



Fonte: a autora

No que diz respeito ao *layout*, o LABSAM era composto por quatro salas, sendo que duas delas eram derivadas de um grande espaço separado por uma divisória. Foram investigadas as possibilidades de arranjo físico, considerando as limitações de espaço os objetivos do serviço. Analisando critérios como segurança, extensão de fluxo, conforto para os colaboradores, acessibilidade e os requisitos levantados pelos *stakeholders*, foi identificado que a melhor alternativa para uma operação eficiente seria a escolha por um **arranjo físico celular**.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), essa configuração consiste numa tentativa de organizar o fluxo complexo que caracteriza o arranjo físico funcional. A célula concentra todos os recursos transformadores exigidos para atender as necessidades de processamento dos recursos transformados pré-selecionados.

Levando em consideração a intenção do empreendimento, foi definido que o melhor caminho para a fabricação dos protótipos seria a implementação de três células de manufatura:

- i) Célula de manufatura aditiva;
- ii) Célula de eletrônica;
- iii) Célula de metalomecânica e marcenaria.

Além dessas unidades, foi deliberada a criação de um espaço de convivência, um *coworking*, que auxiliasse no processo de ideação e modelagem dos protótipos. Percebeu-se

que o local poderia ser melhor aproveitado retirando-se a divisória, de maneira a tornar o ambiente mais amplo e arejado, além de permitir melhor o fluxo de materiais e pessoas.

Para garantir que o processo de melhoria das instalações fosse conduzido adequadamente, foi contratada uma arquiteta com experiência em reformas de outros laboratórios da universidade. Também foram contratados serviços gerais para a retirada da divisória, acréscimo de pontos elétricos, pintura e marcenaria.

A solicitação das contratações foi realizada através de um Termo de Referência contendo o detalhamento dos serviços. Para orientar a execução da reforma, foram desenvolvidos os seguintes documentos: i) planta baixa: projeto executivo; ii) planta baixa: novo layout; iii) planta baixa: projeto elétrico; iv) planta baixa: projeto de iluminação; v) vista lateral: parede com armários; vi) vista lateral: parede com quadro branco. Esses documentos estão registrados no Anexo I.

Todo o processo de adequação da infraestrutura aqui descrito ocorreu alicerçado na metodologia 5S. Essa ferramenta da filosofia enxuta, tem como proposta reduzir o desperdício dos recursos e espaço de forma a aumentar a eficiência operacional (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009). A terminologia 5S tem sua origem nos nomes em japonês dos cinco passos que a compõem (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke). Em português, as nomenclaturas foram traduzidas para “cinco sentidos” cuja explicação e aplicação são apresentadas a seguir.

6.3.1. *Seiri* – Senso de utilização

O primeiro senso da metodologia 5S constitui em garantir que sejam acomodados apenas os bens essenciais à operação, eliminando os recursos desnecessários. Como o laboratório inoperante hospedava estudos de microbiologia, muitos itens estavam obsoletos ou eram inadequados para a proposta do Laboratório Aberto de Brasília.

Todos os materiais foram identificados e classificados conforme sua destinação. Os reagentes químicos que já estavam vencidos foram encaminhados para o descarte, enquanto a vidraria foi conduzida para outros laboratórios dentro da universidade que melhor fariam uso dela. Os equipamentos de grande porte não foram realocados, pois além de terem um alto valor agregado, até o momento, não se tinha encontrado nenhum outro local no qual eles pudessem ser assentados apropriadamente. A Figura 59 retrata o LABSAM antes da aplicação do Senso de Utilização, enquanto a Figura 60 apresenta o mesmo ambiente após o processo.

Figura 59– Antes do Senso de Utilização



Fonte: a autora

Figura 60 - Depois do Senso de Utilização



Fonte: a autora

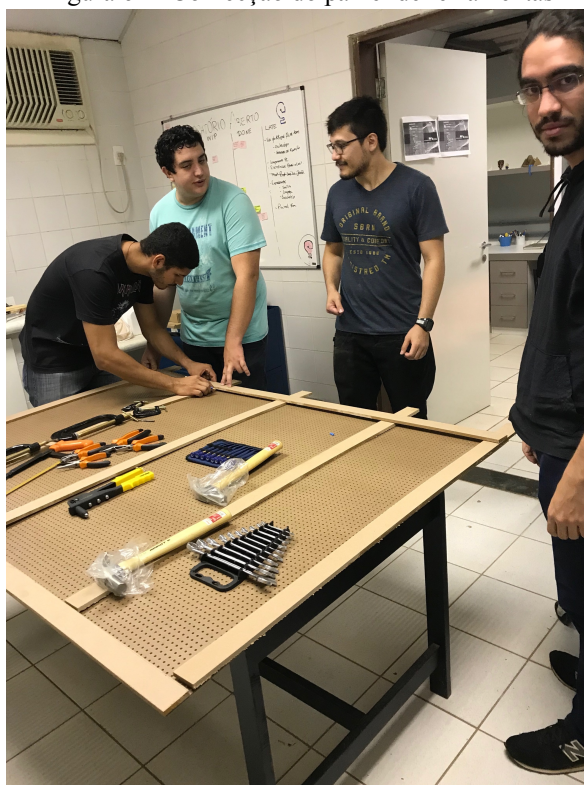
6.3.2. *Seiton* – Senso de organização

O senso de organização tem como função ordenar todos os recursos, de maneira a otimizar o fluxo de materiais, facilitar sua localização e reduzir o tempo de procura destes. Para a organização e armazenagem dos materiais, os organizadores e caixas adquiridos foram identificados, classificados e agrupados por familiaridade.

Em seguida os itens foram destinados conforme sua frequência de uso. Os recursos que eram mais utilizados foram colocados ao alcance da mão, enquanto os que tinham o uso menos frequente eram alocados em compartimentos mais baixos.

Outro instrumento importante para a aplicação deste senso foi o painel de ferramentas, cuja confecção é mostrada na Figura 61. O painel foi elaborado para reunir ferramentas gerais de diferentes tamanhos e aplicações. A disposição das ferramentas e a altura do quadro foram estipuladas para dar o maior conforto possível aos usuários.

Figura 61 - Confecção do painel de ferramentas



Fonte: a autora

6.3.3. *Seiso* – Senso de limpeza

Uma vez que os dois primeiros sentidos foram implementados, deu-se início à reforma da sala GT – 21/9, segundo o planejamento elaborado pela arquiteta. A obra foi realizada por duas equipes: a primeira encarregada pela retirada da divisória, acréscimo de pontos elétricos e pintura; e a segunda responsável pela parte de marcenaria.

Os armários instalados foram projetados de forma a deixar o espaço mais funcional e harmonioso. Além disso, a nova configuração ofereceu ao espaço um aspecto mais polido, luminoso e arejado.

Depois de executadas as mudanças, foi realizada uma faxina de modo a garantir um ambiente limpo e seguro. A diferença no ambiente antes e depois da limpeza pode ser vista nas Figura 62 (a) e (b).

Figura 62 (a) – Coworking antes da limpeza e (b) – Coworking depois da limpeza



Fonte: a autora

Buscando a não dependência de recursos e serviços oferecidos pela universidade em relação à higienização, foram adquiridos e estocados no laboratório materiais para essa finalidade. Com o auxílio dos colaboradores e usuários, essa política viabiliza a execução da limpeza do espaço de trabalho.

Durante esta etapa, foi descoberto que a bancada utilizada para a realização de experimentos se encontrava impregnada com resina na sua superfície (Figura 63). Essa ocorrência demonstra um exemplo de dano ao patrimônio que poderia ter sido evitado através a correta implementação do *Seiso*. Sem demora, foi realizada uma limpeza na pedra, de forma a suavizar as manchas e tornar o ambiente de trabalho mais seguro e agradável (Figura 64).

Figura 63 - Bancada antes da limpeza



Fonte: a autora

Figura 64- Bancada depois da limpeza



Fonte: a autora

Este episódio evidencia o mérito do senso de limpeza, que contribui não só para a segurança dos trabalhadores e a manutenção dos equipamentos, mas também para a qualidade de vida do trabalho.

6.3.4. *Seiketsu* – Senso de padronização

Depois de limpas as instalações, foram implementados o *coworking* e as três células de manufatura. As células foram projetadas para ser o mais funcional possível e para cada uma foram estabelecidos roteiros de funcionamento e utilização. Esses procedimentos foram padronizados para assegurar que a operação aconteça de maneira segura e eficiente.

Se destacam como normas comuns a todas as células: utilizar equipamentos de proteção individual sempre que necessário; após o uso, devolver todos os recursos para seu devido lugar; garantir que a área de trabalho esteja sempre limpa e registrar informações importantes para o controle de estoque.

Cada módulo também tem as suas particularidades: a célula de eletrônica, exibida na Figura 65, possui organizadores personalizados, cujos compartimentos são identificados e armazenam componentes eletrônicos. A repartição também está equipada com um osciloscópio, um gerador de função e duas estações de solda. É orientado que após o uso, os equipamentos sejam devidamente desligados e desconectados da tomada.

Figura 65 - Célula de Eletrônica



Fonte: a autora

Já os processos envolvendo metalomecânica e marcenaria são os que mais geram ruído e sujeira (poeira, cavaco, etc.). Por essa razão, esta célula de manufatura foi alocada no menor espaço, que pode ser facilmente isolado fechando-se as duas portas que dão acesso às células vizinhas.

Devido à sua versatilidade, neste espaço foi instalado o painel de ferramentas desenvolvido no senso de organização. Essa seção abarca também o acabamento dos protótipos, cujo ferramental foi disposto próximo à pia, visto que esse processo muitas vezes exige a utilização de água. A Figura 66 apresenta a célula de metalomecânica e marcenaria.

Figura 66 - Célula de metalomecânica e marcenaria



Fonte: a autora

O terceiro e mais inovador ambiente a ser implementado foi a célula de manufatura aditiva. O módulo integra três impressoras 3D de tecnologia FDM e uma impressora 3D de tecnologia PolyJet. Devido ao tamanho e massa, esta última foi alocada próximo à célula de eletrônica, mas sua posição não compromete o bom funcionamento do fluxo de materiais. A célula de manufatura aditiva pode ser vista na Figura 67.

No módulo, estão dispostos recipientes para o depósito de refugo dos insumos utilizados. A intenção é que esse material possa ser reaproveitado num processo de reciclagem.

Por fim, o *coworking*, apresentado na Figura 68, foi arquitetado de maneira a alavancar a densidade de ideias e o compartilhamento de informações. É solicitado que as mochilas e pertences pessoais sejam colocadas nas prateleiras pré-determinadas, visando melhorar o aproveitamento do espaço e evitar acidentes.

Figura 67 - Célula de manufatura aditiva



Fonte: a autora

Figura 68- Coworking



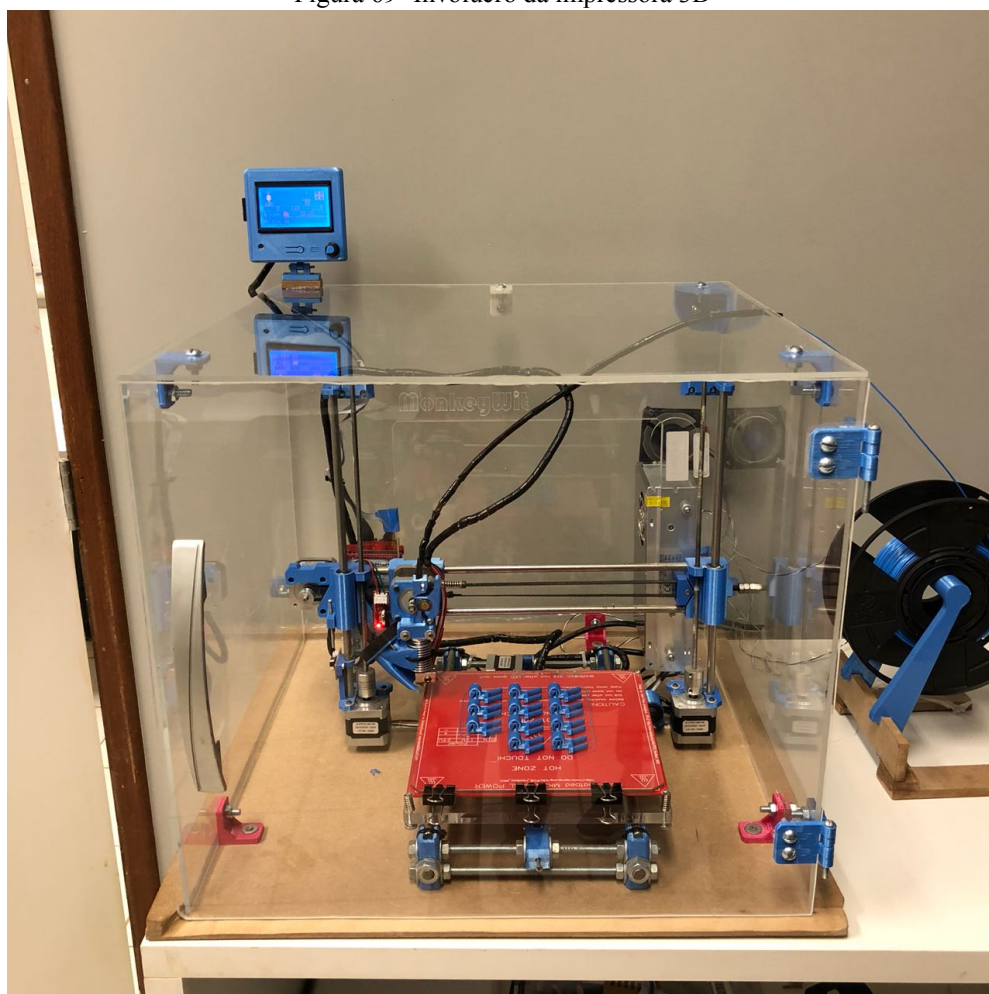
Fonte: a autora

6.3.5. *Shitsuke* – Senso de disciplina

O senso de disciplina faz referência à conversão de boas práticas em bons hábitos. Para tal feito, a equipe interna realiza reuniões periódicas de acompanhamento e aos usuários são oferecidos treinamentos e palestras.

Os colaboradores do LAB são incentivados a contribuir com sugestões e experimentos para a melhoria contínua do empreendimento. Após a implementação das células, foram identificadas várias oportunidades de melhoria nas instalações e operações. Uma delas, consistiu na fabricação de um invólucro para as impressoras 3D, mostrado na Figura 69, cuja função principal era evitar fluxos transversais de ar durante a fabricação, o que permitiria a utilização de insumos mais sensíveis a este tipo de influência. O aparato também evita que os operadores entrem em contato com a máquina em funcionamento, reduzindo o risco de danificar o equipamento e a ocorrência de eventuais acidentes oriundos da movimentação dos eixos e elevada temperatura de trabalho.

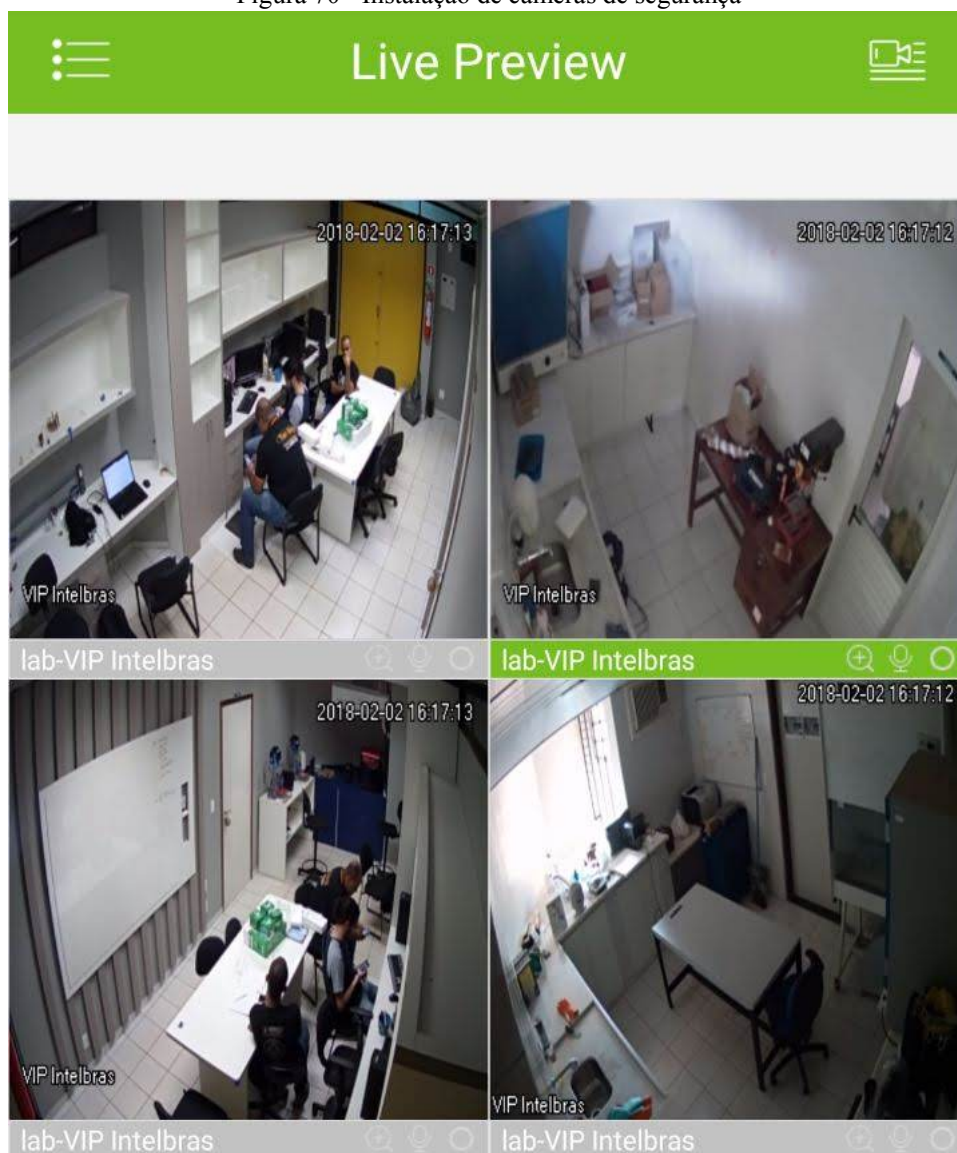
Figura 69- Invólucro da impressora 3D



Fonte: a autora

Outro artifício utilizado para a efetivação deste senso foi a instalação de câmeras de segurança, apresentada na Figura 70, que teve como objetivo a garantia da segurança patrimonial e também a supervisão do cumprimento das normas do LAB.

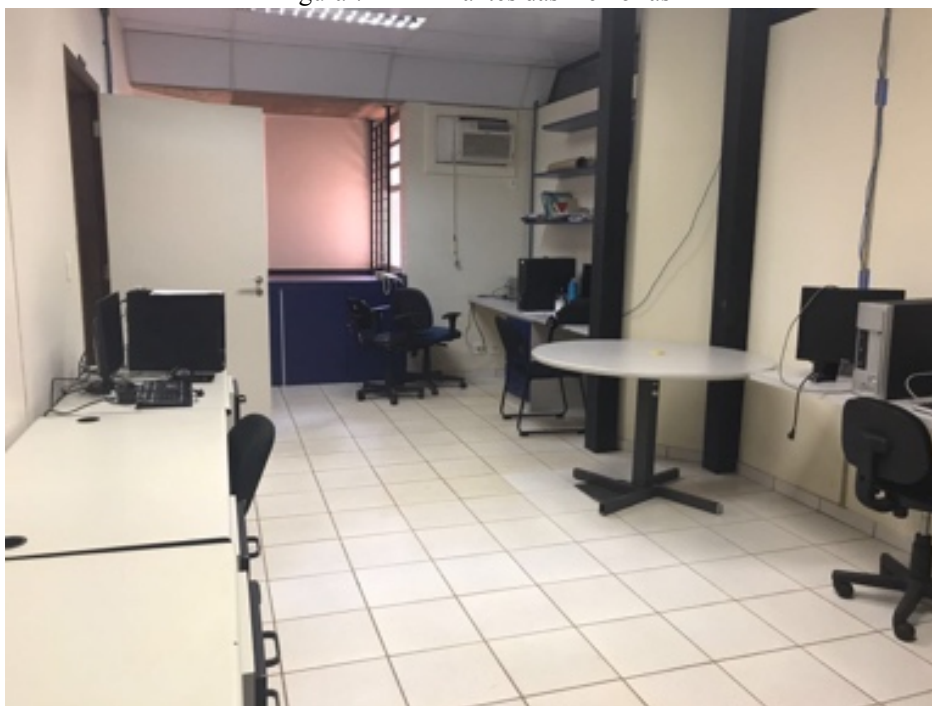
Figura 70 - Instalação de câmeras de segurança



Fonte: a autora

Para transformar um laboratório convencional em um ambiente de aprendizagem ativa, foi compulsória a consumação de mudanças significativas. A Figura 71 retrata a sala GT – 21/9 antes das melhorias, mas já sem a divisória que separava o espaço. Já a Figura 72 apresenta o local após a execução da reforma e aplicação da metodologia 5S.

Figura 71 - LAB antes das melhorias



Fonte: a autora

Figura 72 – LAB depois das melhorias



Fonte: a autora

A diferença perceptível entre as duas imagens evidencia a importância do projeto de instalações do serviço e da utilização de métodos adequados. Acentua-se que a compreensão dos objetivos do empreendimento foi indispensável para uma conversão bem-sucedida.

6.4. CAPACIDADE PRODUTIVA

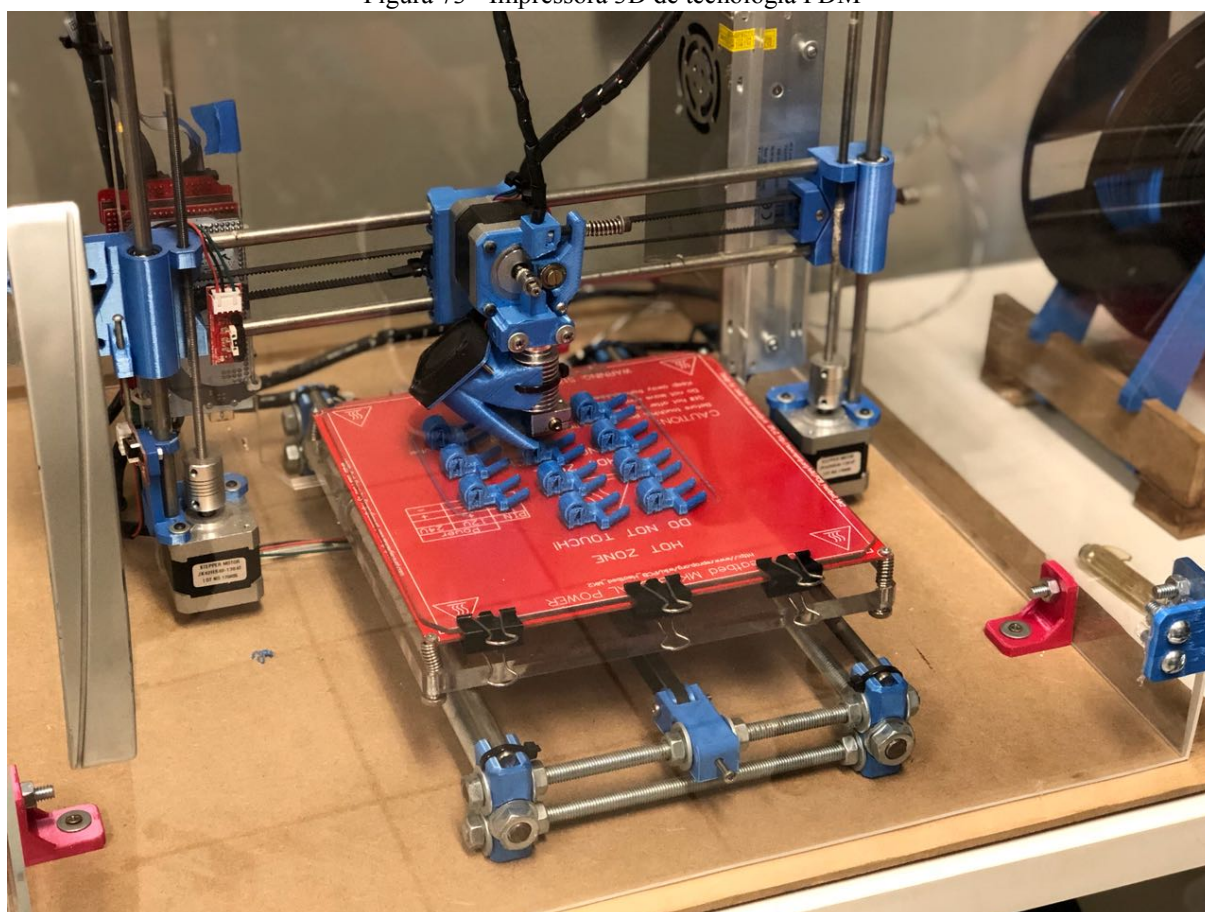
Segundo Fernandes e Godinho Filho (2010), a capacidade produtiva se refere à quantidade máxima que uma instalação pode produzir em determinado período. Essa informação dá pistas importantes para o entendimento do negócio e contribui para a elaboração de estratégias de crescimento.

Apesar da simples definição, a análise da capacidade produtiva nem sempre constitui de tarefa trivial. Slack, Chambers e Johnston (2009) apontam que o maior problema para a medição da capacidade é a complexidade dos processos produtivos. São inúmeras as variáveis que podem afetar esse cálculo e os fatores intangíveis contribuem para tornar esse processo ainda mais trabalhoso.

Com o objetivo de gerar informações mais concretas, optou-se por limitar o estudo da capacidade produtiva do LAB ao processo de fabricação de protótipos com o uso de impressoras 3D do tipo *Fused Deposition Modeling* (FDM). Para tanto, não foram levadas em considerações variáveis como: velocidade nos diferentes eixos, altura da camada, espessura de parede e tipo de padrão de preenchimento. Essa escolha foi feita com a intenção de tornar a análise menos complexa e mais compreensível.

A tecnologia FDM, traduzida como “Fusão e Deposição de Material”, utiliza como matéria-prima rolos de filamentos de termoplásticos os quais são conduzidos até um bico de extrusão e aquecidos até a temperatura de fusão do material. O material fundido então é depositado na mesa de fabricação, formando uma camada bidimensional, e a sobreposição das camadas formam a peça tridimensional. O caminho percorrido pelo bico de extrusão é determinado pelo *software* da impressora, que utiliza como referência um modelo 3D digital da peça. A Figura 73 apresenta uma impressão 3D realizada com tecnologia FDM.

Figura 73 - Impressora 3D de tecnologia FDM



Fonte: a autora

Observando o procedimento desta tecnologia, é importante levar em consideração as restrições quanto à capacidade dos insumos. Assim, optou-se por utilizar como parâmetro a taxa média de material depositado por período de tempo. A estimativa feita junto aos responsáveis pela célula de manufatura indica que em uma impressora ajustada para a qualidade padrão, a taxa de material depositado é cerca de 10 gramas a cada hora.

O LAB conta com três impressoras 3D de tecnologia FDM, cujas áreas de impressão no plano XY têm as dimensões de 20cm x 20cm, sendo esse o limite dimensional por peça a ser impressa. A qualidade da peça é dependente da velocidade com a qual os eixos do equipamento se movem. Para uma qualidade de impressão padrão, utiliza-se a velocidade média de 60mm/s.

Considera-se como tempo disponível para operação uma jornada de trabalho de 8 horas diárias e 20 dias úteis por mês. Os dados sumarizados para o cálculo da capacidade produtiva da fabricação de protótipos por meio da tecnologia FDM encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados para cálculo da capacidade produtiva

Dados	
Quantidade de impressoras 3D FDM	3 unidades
Taxa de material depositado	10g/h
Jornada de trabalho	8h
Dias úteis/mês	20 dias/mês

Fonte: a autora

Para a realização do estudo da capacidade produtiva de fabricação em impressoras 3D do tipo FDM, foram consideradas as definições de capacidade dadas por Peinado e Graeml (2007):

A *capacidade instalada* é a capacidade máxima que um sistema produtivo pode produzir se trabalhar ininterruptamente, sem considerar qualquer tipo de perda envolvida.

$$\text{Capacidade instalada por impressora} = \text{consumo/hora} \times \text{horas/dia} \times \text{dia/mês} \quad \text{Eq 1}$$

$$10 \times 24 \times 30 = 7.200 \text{ g}/(\text{mês} \times \text{impressora}) \quad \text{Eq 2}$$

$$\text{Capacidade instalada total} = \text{Capacidade instalada} \times \text{número de máquinas} \quad \text{Eq 3}$$

$$7.200 \times 3 = 21.600 \text{ g}/\text{mês} \quad \text{Eq 4}$$

A *capacidade disponível* é a quantidade máxima que um sistema produtivo pode produzir durante uma jornada de trabalho, sem considerar nenhuma perda.

$$\text{Capacidade disponível por impressora} = \text{consumo/hora} \times \text{horas} \times \text{dias úteis/mês} \quad \text{Eq 5}$$

$$10 \times 8 \times 20 = 1.600 \text{ g}/(\text{mês} \times \text{impressora}) \quad \text{Eq 6}$$

$$\text{Capacidade disponível total} = \text{Capacidade disponível por impressora} \times \text{nº de imp.} \quad \text{Eq 6}$$

$$1.600 \times 3 = 4.800 \text{ g}/\text{mês} \quad \text{Eq 7}$$

=

Grau de disponibilidade é o nome dado à razão da capacidade disponível pela capacidade instalada e representa o quanto uma unidade produtiva está disponível. O grau de disponibilidade do LAB é calculado a seguir:

$$\text{Grau de Disponibilidade} = \frac{\text{Capacidade disponível}}{\text{Capacidade instalada}} = \frac{4.800}{21.600} = 22,22\% \quad \text{Eq 8}$$

Os responsáveis pela célula de manufatura aditiva estimam ainda que as peças demandadas tenham uma massa entre 20g e 100g, assim, compreende-se que operando com a máxima capacidade disponível, é possível produzir **até 120 peças/mês**.

Vale ressaltar que ainda não há dados suficientes para a realização dos cálculos da *capacidade efetiva* - que leva em consideração os tempos de perdas planejadas como *setups*, manutenções preventivas, trocas de turnos, auditorias de qualidade. E consequentemente é inviabilizado o cálculo da *capacidade realizada*, que utiliza como base a capacidade efetiva e se subtrai as perdas não planejadas: falta de matéria prima, falta de energia elétrica, falta de funcionários, paradas para manutenção corretiva, etc.). Assim, sugere-se para trabalhos futuros a geração e coleta de dados para o estudo mais detalhado desses dois tipos de capacidade.

7. AVALIAÇÃO E MELHORIA DO SERVIÇO

Esta etapa é dividida nas seguintes fases: verificação e validação do projeto de serviço e na apresentação dos próximos passos.

7.1. VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO PROJETO DO SERVIÇO

Uma vez que todas as etapas anteriores foram cumpridas, as principais informações do Laboratório Aberto de Brasília foram sumarizadas e apresentadas no Quadro 19.

Quadro 19 - Informações sobre o Laboratório Aberto de Brasília

Nome	Laboratório Aberto de Brasília - LAB
Localização	Brasília- DF
Instituição	Universidade de Brasília
Website	laboratorioaberto.com.br
Descrição	O LAB é um ambiente colaborativo de aprendizagem ativa e multidisciplinar para o desenvolvimento de produtos, serviços e negócios. Por meio do compartilhamento de experiências e da resolução de desafios tecnológicos, o usuário do LAB é encorajado a ser o protagonista do seu próprio processo de aprendizagem. O LAB oferece acesso à infraestrutura, suporte e capacitação para transformar as ideias em protótipos.
Objetivo	Potencializar o ecossistema de empreendedorismo e inovação brasiliense, através do desenvolvimento de protótipos.
Serviços	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de protótipos; • Acesso à infraestrutura laboratorial; • Capacitações.
Público-alvo	Alunos, empreendedores, <i>startups</i> , empresas, professores, comunidade em geral.
Segurança	É realizado o controle de acesso para as diferentes áreas. É obrigatório o uso de equipamentos de proteção individual.
Limpeza	A limpeza é realizada por um serviço terceirizado contratado pela instituição hospedeira. Os usuários são incentivados a manter o local limpo e organizado.
Fundos e despesas	A universidade fornece o espaço, energia, água e internet. Os demais custos são monitorados pela gerência do LAB e têm como receita primária os editais públicos. São estudadas as possibilidades de prestação de serviços, com o intermédio da fundação de apoio da universidade, e de recebimento de doações regulamentadas.
Horário de funcionamento	De segunda-feira à sexta-feira das 14h às 18h e é aberto à comunidade.
Layout da área de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Coworking</i>; • Célula de manufatura aditiva;

	<ul style="list-style-type: none"> • Célula de eletrônica; • Célula de marcenaria e metalomecânica.
Parceiros-chave:	MCTIC, SENAI, FINATEC, UnB, Faculdade de Tecnologia.
Integração com o currículo	Os alunos podem utilizar a infraestrutura do LAB para o desenvolvimento de projetos das disciplinas e projetos de pesquisas.
Equipamentos e ferramentas	<ul style="list-style-type: none"> • 3 Impressoras 3D - FDM; • Impressora 3D – <i>Object30 Pro- Stratasys</i>; • Osciloscópio; • Estação de solda eletrônica; • Componentes eletrônicos; • Fonte de alimentação; • Gerador de função; • Bancada de marcenaria com diversas ferramentas; • Máquina de corte – CNC (em construção). <p>A lista completa de equipamentos e ferramentas pode ser encontrada no Apêndice I.</p>

Fonte: a autora

O novo serviço foi verificado e validado, com a finalidade de garantir o atendimento das necessidades e expectativas dos usuários levantadas na primeira etapa do modelo. De acordo com Ramaswamy (1996), as características de projeto que devem ser verificadas são: custos, qualidade da documentação e totalidade do projeto.

Os custos do projeto se mantiveram fiéis ao orçamento estipulado, bem como foram respeitadas as quantidades destinadas para cada rubrica. Ao final do período, foi constatado um saldo positivo no valor de R\$ 568,71.

Ao longo de todo o projeto, foram redigidos relatórios técnicos parciais, os quais foram compartilhados com os parceiros. Buscando maior transparência e eficiência na gestão da informação, foi criada uma pasta, dentro da ferramenta *Google Drive*, em que constam todos os documentos do projeto. Os arquivos se encontram devidamente classificados e são disponibilizados para toda a equipe. Além dos relatórios descritivos sobre o andamento do projeto, também foram documentados os procedimentos operacionais padrão, manual de identidade visual, *blueprint* de serviços, planilha de materiais e equipamentos com suas devidas especificações, entre outros.

Objetivando a validação do serviço, optou-se por implementar uma operação piloto antes do seu lançamento em larga escala. Para tanto, foi realizado um evento de pré-lançamento na

Semana Universitária da UnB, em outubro de 2017, intitulado “Materializando soluções: do problema ao protótipo”.

O intuito era conceber uma programação que fornecesse ao público ferramentas que permitissem a investigação de problemas e a construção de soluções a partir de protótipos. Assim, no primeiro dia - “Se Inspire”, foram trazidos à tona desafios e dores da indústria, bem como práticas do *Design Thinking* que proporcionam um mergulho mais profundo quanto ao entendimento dos problemas, originando informações mais ricas para a geração de *insights*.

No segundo dia – “Crie”, foram apresentadas novas tendências, tecnologias industriais básicas e conceitos de internet das coisas. O objetivo era oferecer aos participantes um maior repertório para a criação de ideias.

O terceiro dia, “Implemente”, foi dedicado às capacitações técnicas, voltados à fabricação e acabamento dos protótipos. Esse dia foi importante para consolidar as lições aprendidas nos dias anteriores. A programação foi desenhada de maneira que seu fluxo apresentasse fluidez e nexos, mas que ao mesmo tempo permitisse que os participantes que só conseguissem assistir palestras específicas também pudessem aprender e desenvolver novas competências.

No último dia da programação, foi possível visitar as instalações do Laboratório Aberto de Brasília, compreender melhor seu portfólio, os tipos de tecnologias envolvidas na iniciativa e como proceder para fazer parte da comunidade. Ao todo, o evento capacitou mais de 40 alunos e sua programação completa pode ser vista na Figura 74.

Figura 74 - Programação do evento de pré-lançamento





UnB
Faculdade de
Tecnologia



1967
2017



LAB
LABORATÓRIO ABERTO
DE BRASÍLIA

MATERIALIZANDO SOLUÇÕES

DO PROBLEMA AO PROTÓTIPO

SE INSPIRE 24/10

<p>14:00 – 16:00 DT – 16/15</p> <p>16:00 – 18:00 DT – 16/15</p> <p>18:00 – 19:00 Auditório ENM</p>	<p>DESIGN THINKING – DT 16/15 <i>Anna Máximo - SAB</i></p> <p>ENTENDENDO AS DORES DA INDÚSTRIA <i>SENAI Direção Nacional</i></p> <p>OS DESAFIOS DA INDÚSTRIA BRASILEIRA <i>ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial</i></p>
--	---

CRIE 25/10

<p>14:00 – 16:00 Bloco G</p> <p>16:00 – 18:00 DT – 25/15</p> <p>18:00 – 19:00 Auditório ENM</p>	<p>FUTURISMO <i>Paulo Henrique</i></p> <p>INTERNET DAS COISAS CISCO</p> <p>TECNOLOGIAS INDUSTRIAIS BÁSICAS SENAI</p>
---	---

IMPLEMENTE 26/10

<p>16:00 – 18:00 DT – 16/15</p> <p>14:00 – 16:00 Bloco G</p> <p>16:00 – 18:00 Bloco G</p> <p>18:00 – 19:00 Auditório ENM</p>	<p>CONTROLADORES <i>Laboratório Aberto de Brasília</i></p> <p>IMPRESSÃO 3D -FABRICAÇÃO <i>Laboratório Aberto de Brasília</i></p> <p>IMPRESSÃO 3D - ACABAMENTO <i>Laboratório Aberto de Brasília</i></p> <p>PROGRAMA BRASIL MAIS PRODUTIVO <i>SENAI Direção Nacional</i></p>
--	---

OPEN DAY 27/10

<p>10:00 – 16:00 Bloco G</p>	<p>LAB ABERTO AO PÚBLICO <i>Laboratório Aberto de Brasília</i></p>
----------------------------------	---

APOIO:





Fonte: a autora

Além das atividades de extensão, no período de março a maio de 2018 também foram apoiados: 10 projetos de pesquisa; 8 trabalhos de conclusão de curso e 5 dissertações de mestrado. Também foram feitas duas publicações técnico-científicas e realizadas capacitações mais pontuais em sala de aula, em especial nas disciplinas de Projeto de Sistemas de Produção 6 (Graduação) e Projeto de Produto Mecânico (Pós-Graduação), que apresentam forte vínculo com o laboratório.

Paralelamente, o LAB tem oferecido suporte às 4 equipes de competição presentes no Bloco G e também prestado auxílio a *startups*. Esses números refletem o forte trabalho que tem sido realizado com o desenvolvimento de protótipos e capacitações técnicas. A Figura 75 apresenta a maquete do Projeto Tucunaré, peça fabricada no laboratório através do uso de impressora 3D.

Figura 75 - Maquete do Projeto Tucunaré



Fonte: a autora

Ainda na fase de pré-lançamento foram realizadas várias ações de difusão do LAB:

- Participação da Mesa Redonda de Educação Superior e Metodologias Ativas - Caso Laboratório Aberto de Brasília no IX Colóquio de Psicologia Escolar do Distrito Federal, em 22 de junho de 2017;
- Apresentação do Laboratório Aberto de Brasília nos 50 Anos da Faculdade de Tecnologia, em outubro de 2017;
- Palestra sobre Indústria 4.0 e Manufatura Avançada, ministrada pelo coordenador do SENAI-SC e Professor Doutor do ITA, Jefferson de Oliveira, em novembro de 2017;
- Palestra sobre trabalho no Vale do Silício com o colaborador do Facebook, Gabriel Gontijo, em novembro de 2017;
- Visitas guiadas ao Laboratório Aberto de Brasília Durante o PAEE/ Engineering Education (PAEE) - 15th Active Learning in Engineering Education Workshop (ALE), realizado de 28 de fevereiro a 2 de março de 2018 (Figura 76);
- Mídia espontânea na revista Imprensa Nacional pg. 29. Edição de maio de 2018. Laboratório Aberto da UnB: um ambiente de aprendizagem e incentivo a novas ideias.

Figura 76 - Visita de Professores de universidades estrangeira (Holanda e Tunísia)



Fonte: a autora

Figura 77 – Reportagem sobre o LAB na revista Imprensa Nacional



Fonte: Imprensa Nacional (2018)

A partir desses resultados, fica evidenciado o atendimento das necessidades dos usuários, levantadas no Capítulo 4. O Laboratório Aberto de Brasília se mostrou um local seguro e acessível à toda a comunidade, no qual é possível fabricar protótipos, de maneira rápida e com baixo custo. Os equipamentos, selecionados por apresentarem fácil utilização, permitiram ao usuário considerável flexibilidade, possibilitando o uso de diferentes materiais e prototipação de geometrias variadas, como mostrado na Figura 78. Para o aprimoramento dos projetos, também é oferecido suporte técnico e compartilhamento de experiências com a comunidade de prática.

Figura 78 - Protótipos variados



Fonte: a autora

7.2. PRÓXIMOS PASSOS

A seguir são elencadas ações que tiveram início durante o projeto de implementação do Laboratório Aberto de Brasília, mas que ainda se encontram em desenvolvimento, fundamentando as diretrizes dos próximos passos.

7.2.1. Captação de recursos

Em maio de 2018, o LAB foi autorizado pelo Decanato de Extensão da UnB a prestar serviços externos à comunidade acadêmica, desde que assistidos pela FINATEC. Como consequência, serão ampliadas as vias de captação de recursos, propiciando maior sustentabilidade financeira do espaço.

No mesmo período, a Universidade de Brasília aprovou a proposta que autoriza e simplifica as doações de pessoas físicas e jurídicas dispostas a colaborar com a instituição. Apesar do regulamento para as doações ainda não ter sido publicado pelo Decanato de Administração (DAF), esta se configura como mais uma possibilidade de arrecadação de fundos.

7.2.2. Programa de Extensão

Ainda durante a fase de pré-lançamento do laboratório, o projeto do LAB foi transformado em um Programa de Extensão da Faculdade de Tecnologia da UnB. Tal qualificação permite que o LAB funcione como “guarda-chuva” para outros projetos da universidade, de maneira a potencializar o alcance e impacto dos resultados advindos de metodologias ativas de ensino.

Posicionar o LAB como plataforma para outras iniciativas ligadas a inovação, tecnologia e empreendedorismo é uma medida vantajosa para a manutenção da cultura criada nesse ambiente. Essa ação possibilita que seja formada uma rede maior, mais articulada e representativa, cuja informação corre com maior fluidez e catalisa o desenvolvimento de novos empreendimentos.

7.2.3. Plataforma digital

Além das ações *off-line*, é necessário empregar esforços em intervenções *online* para garantir que a rede seja verdadeiramente integrada e acessível. Apesar de um *website* com caráter informativo já estar sendo desenvolvido para LAB, é sugerido que num futuro breve seja concebida uma plataforma digital que corrobore com a formação e confluência da rede.

Através da plataforma será possível fornecer acesso a conteúdos voltados para desenvolvimento de produtos, fabricação digital, inovação, novas tecnologias, *design* e empreendedorismo. Também será facilitado o compartilhamento de informações e experiências, seja por meio de banco de desafios, seja por meio de banco de projetos, de maneira a fomentar a criação de novas parcerias.

Essa ferramenta terá papel importante na garantia da dinamicidade da comunidade interna e na integração com o ecossistema de inovação brasiliense.

7.2.4. Expansão das instalações

Buscando melhorar a experiência do usuário, é investigada a possibilidade de expandir as instalações do LAB para o novo prédio da Faculdade de Tecnologia, cujo término da construção está previsto para julho de 2018. Também para o segundo semestre deste ano, está previsto o encerramento da operação piloto, simbolizado pelo lançamento do Laboratório Aberto de Brasília.

8. CONCLUSÃO

A motivação deste trabalho surgiu a partir de reflexões sobre a ineficiência do modelo de educação convencional em formar profissionais qualificados e preparados para o mercado de trabalho futuro. Esse sistema, também reproduzido no mundo universitário, caracteriza-se pela fraca interdisciplinaridade e integração tardia dos componentes curriculares entre a teoria e a prática, além da desconexão entre o âmbito acadêmico e o profissional.

A literatura consultada para essa pesquisa indica que como alternativa a esse problema, as metodologias ativas de ensino-aprendizagem ganharam espaço nas instituições de ensino superior. Apesar de estar alicerçada em teorias antigas, essa abordagem se mostrou eficiente quanto ao desenvolvimento de competências necessárias à resolução de problemas atuais.

Neste contexto, foi identificada a carência de espaços propícios para sua consolidação, bem como para o pleno aproveitamento de seus benefícios. Este estudo buscou atender essa necessidade, desenvolvendo um ambiente favorável à aplicação de metodologias ativas de ensino-aprendizagem dentro da UnB.

O caminho escolhido para o suprimento dessa demanda foi a implementação de um *makerspace* na UnB, devido à compatibilidade e congruência dos princípios da cultura *maker* com a filosofia do método ativo. Os espaços de fabricação digital, que também tiveram sua origem no conceito de “aprender fazendo” da escola construtivista, promovem o trabalho interdisciplinar, ajudam a formar comunidades e aprimoram a educação.

Para que o esquema fosse bem-sucedido, entendeu-se que o projeto de implementação do Laboratório Aberto não poderia ser visto apenas como estruturação das instalações físicas, mas também como a entrega de um serviço, cujo processo devesse ser projetado e desenvolvido a partir dos objetivos dos *stakeholders*.

Para tanto, foram analisados e comparados modelos de referência de projeto e desenvolvimento de serviços. Esta etapa foi fundamental para a compreensão do fluxo e do nexo causal dos estágios necessários para a concepção e implementação de operações bem-sucedidas. Este estudo também se mostrou importante para a escolha do modelo mais adequado a esta pesquisa. A partir do modelo escolhido, foi desdobrado e executado todo o processo de projeto e desenvolvimento do serviço do Laboratório Aberto de Brasília.

A consumação deste modelo teve início na etapa do projeto da concepção do serviço. Esse processo teve como entradas as necessidades dos *stakeholders* e as observações feitas em visitas

a três makerspaces-referências brasileiros; e entregou como saídas o pacote e as especificações do serviço.

A segunda etapa teve por objetivo garantir a consistência do serviço prestado. Nela, foi mapeado o processo do serviço, definidas formas de controlar os processos, entregar o serviço e constituir a estrutura de recursos humanos.

A terceira etapa integrou o desenvolvimento dos tangíveis do serviço: escolha da localização, gestão das evidências físicas, projeto das instalações e estudo da capacidade.

Por fim, foi realizada uma operação piloto para a verificação e validação do serviço. Tal feito evidenciou o atendimento das especificações do serviço, ratificando a eficácia da metodologia escolhida; e satisfazendo os objetivos geral e específicos propostos neste trabalho.

É importante salientar que o desenvolvimento deste estudo não foi realizado de maneira linear. Como previsto na metodologia de pesquisa-ação, o processo se deu em espirais cíclicas de ações reflexivas, sendo necessárias várias adequações do planejamento inicial para o cumprimento dos propósitos dessa pesquisa.

Apesar da flexibilidade dessa abordagem, a rigidez dos processos públicos se mostrou extremamente laboriosa. Mesmo em projetos complexos, a burocracia exige que sejam antevistas todas as minúcias do percurso, tornando demasiadamente alto o custo da menor mudança, mesmo que ela seja para melhor.

Outro desafio encontrado foi a dificuldade em encontrar modelos de negócios que se enquadrassem às especificidades da UnB. Por estar em uma universidade brasileira, pública, localizada na capital federal, o LAB está imerso em um contexto diferente dos demais laboratórios de fabricação digital, tornando a tarefa de garantir sua sustentabilidade financeira um tanto quanto mais trabalhosa.

A implementação de *makerspaces* em universidades é uma tendência crescente. Pesquisas sobre este tópico, como este estudo, podem ajudar essas universidades a implementar suas próprias soluções individuais de laboratórios de prototipação.

Os resultados dessa pesquisa criaram uma base para pesquisas futuras em áreas correlatas. A seguir são listadas algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Criação de critérios para a avaliação das competências desenvolvidas nesses espaços;
- Investigação da influência de *makerspaces* em universidades no aprendizado em engenharia;
- Comparação de diferenças culturais e regionais dos *makerspaces*;

- Comparação de diferenças quanto ao modelo de negócio e propósito dos *makerspaces*;
- Investigação sobre o gênero e classes sociais dos usuários desses espaços;

Considerando-se a continuidade do estudo no Laboratório Aberto de Brasília, a seguir são sugeridas como pesquisas futuras:

- Estudo dos custos de operação e manutenção;
- Estudo das vias de captação, incluindo editais, prestação de serviços e doações (*endowment*);
- Estudo da precificação e formas de pagamento;
- Estudo da capacidade produtiva da célula de manufatura aditiva nos processos de tecnologia PolyJet;
- Estudo da gestão eficiente dos estoques;
- Estudo sobre medidas de segurança e o impacto que elas têm na prevenção de acidentes;
- Estudo do potencial de inovação e empreendedorismo e medidas de sucesso;
- Estudo da integração do LAB com o currículo de Engenharia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, José Ricardo Pinto de. **Contexto Atual do Ensino Médico: Metodologias Tradicionais e Ativas - Necessidades Pedagógicas dos Professores e da Estrutura das Escolas**. 2011. 105 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

ALONSO-RASGADO, Teresa; THOMPSON, Graham; ELFSTRÖM, Bengt-Olof. **The design of functional (total care) products**. Journal of engineering design, v. 15, n. 6, p. 515-540, 2004.

ANASTASIOU, L. G. C; ALVES, L. P. (Orgs). **Estratégias de ensinagem**. In: Processos de ensinagem na Universidade. Pressupostos para estratégias de trabalho em aula. 3. ed. Joinville: Univille, 2004. p. 67- 100.

ANDERSON, Chris. **A nova revolução industrial: Makers**. Elsevier Brasil, 2012.

AUSUBEL, David Paul et al. **Educational psychology: A cognitive view**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

BARBOSA, Eduardo Fernandes; MOURA, Dácio Guimarães. **Metodologias ativas de aprendizagem na educação profissional e tecnológica**. Boletim Técnico do Senac, v. 39, n. 2, p. 48-67, 2013.

BERBEL, N. A. N. **As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes.** Ciências Sociais e Humanas, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan./jun. 2011

BLACKBURN, Greg. **A university's strategic adoption process of an PBL-aligned eLearning environment:** an exploratory case study. Educational Technology Research and Development, v. 65, n. 1, p. 147-176, 2017.

BLIKSTEIN, Paulo; KRANNICH, Dennis. **The makers' movement and FabLabs in education:** experiences, technologies, and research. In: Proceedings of the 12th international conference on interaction design and children. ACM, 2013. p. 613-616.

BUCHANAN, Richard. **Design research and the new learning.** Design issues, v. 17, n. 4, p. 3-23, 2001.

CARR, Wilfred; KEMMIS, Stephen. **Teoría crítica de la enseñanza.** 1988.

CARR, Wilfred et al. **Teoría crítica de la enseñanza: la investigación-acción en la formación del profesorado.** Ediciones Martínez Roca,, 1988.

CHASE, Richard B.; STEWART, Douglas M. **Make your service fail-safe.** MIT Sloan Management Review, v. 35, n. 3, p. 35, 1994.

COLENGHI, Vitor Mature. **O&M e Qualidade Total:** uma integração perfeita. Qualitymark, 1997.

COOPER, Alan. **The origin of personas.** INNOVATION-MCLEAN THEN DULLES VIRGINIA-, v. 23, n. 1, p. 26-29, 2004.

COSTA, Christiane Ogg; PELEGRINI, Alexandre Vieira. **O design dos Makerspaces e dos Fablabs no Brasil: um mapeamento preliminar.** Design e Tecnologia, v. 7, n. 13p. 57-66, 2017.

DA CONCEIÇÃO, Sheilla Silva; SCHNEIDER, Henrique Nou; DE OLIVEIRA, Advanusia Santos Silva. **Sala De Aula Invertida: Metodologias Ativas Para Potencializar O Ensino E A Aprendizagem De Conteúdos.** Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional, v. 10, n. 1, 2017.

DEMING, W. Edwards. **Qualidade: a revolução da administração.** In: **Qualidade: a revolução da administração.** 1990.

DEWEY, John. **Vida e educação.** 10. ed. São Paulo: Melhoramentos, 1978.

DIESEL, Aline; BALDEZ, Alda Leila Santos; MARTINS, Silvana Neumann. **Os princípios das metodologias ativas de ensino:** uma abordagem teórica. Revista Thema, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.

DOMINICK, Peter G. et al. **Tools and tactics of design.** New York, NY: John Wiley and Sons, 2001.

DOUGHERTY, Dale. **The maker movement**. Innovations: Technology, Governance, Globalization, v. 7, n. 3, p. 11-14, 2012.

ESCRIVÃO FILHO, E., e RIBEIRO, L. R. D. C. **Aprendendo com PBL–Aprendizagem Baseada em Problemas**: relato de uma experiência em cursos de engenharia da EESC- USP. Revista Minerva, 6(1), 23-30. 2009.

FERNANDES, Flavio Cesar Faria; GODINHO FILHO, Moacir. **Planejamento e controle da produção**: dos fundamentos ao essencial. São Paulo: Atlas, 2010.

FRANK, Moti; LAVY, Ilana; ELATA, David. **Implementing the project-based learning approach in an academic engineering course**. International Journal of Technology and Design Education, v. 13, n. 3, p. 273-288, 2003.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. São Paulo, Editora Paz e Terra, 1996.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia**. São Paulo, Editora Paz e Terra, 2007.

GERSHENFELD, Neil. **Fab**: the coming revolution on your desktop--from personal computers to personal fabrication. Basic Books, 2008.

GERSHENFELD, Neil. **How to make almost anything**: The digital fabrication revolution. Foreign affairs, p. 43-57, 2012.

HAKE, R. R. **Interactive-engagement Versus Traditional Methods**: A Six-thousandstudent Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. American Journal of Physics, v. 66, p. 64-74, 1998.

HLUBINKA, Michelle et al. **Makerspace playbook**: School edition. 2013.

HOFFMAN, Kimberly et al. **Problem-based learning outcomes**: ten years of experience at the University of Missouri—Columbia School of Medicine. Academic Medicine, v. 81, n. 7, p. 617-625, 2006.

INFOSYS. **Amplifying human potential**: education and skills for the fourth industrial revolution. 2016.

JOHNSTON, R. e CLARK, G. **Administração de operações de serviços**. Editora Atlas, São Paulo, 2002.

LOVELOCK, Christopher H.; WRIGHT, Lauren. **Principles of service marketing and management**. New Jersey: Prentice Hall, 2002.

MAGER, Birgit. **Service design: A review**. Köln International School of Design, 2004.

MAGER, Birgit. **10 Service Design Basics**. Köln, 2016.

MARTIN, Lee. **The promise of the maker movement for education.** Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), v. 5, n. 1, p. 4, 2015.

MICHAELSEN, L. K. & SWEET, M. **The Essential Elements of Team-Based Learning.** In: New Directions for Teaching and Learning, Special Issue: Team-Based Learning: Small Group Learning's Next Big Step, Volume 2008, Issue 116, pages 7–27, 2008.

MELLO, Carlos Henrique Pereira. **Modelo para projeto e desenvolvimento de serviços.** São Paulo, 2005.

MORAN, José Manuel. Novas tecnologias e mediação pedagógica. Papirus Editora, 2000.

MORELLI, Nicola. Designing product/service systems: **A methodological exploration.** Design issues, v. 18, n. 3, p. 3-17, 2002.

MORITZ, Stefan. **Service design: Practical access to an evolving field.** 2009.

MOURA, Mônica et al. **Faces do design.** São Paulo: Rosari, 2003.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção.** Operações industriais e de serviços. Unicenp, 2007.

PIAGET J. **A equilibração das estruturas cognitivas.** Rio de Janeiro: Zahar; 1976

PIRES, F. **Proposta de modelo de apoio à inovação e processo de desenvolvimento de produto inovador.** 2014. 113 f. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Produção)—Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

RAMASWAMY, Rohit. **Design and management of service processes: keeping customers for life.** Addison-Wesley, 1996.

RIBEIRO, Luis Roberto C. et al; **Uma experiência com a PBL no ensino de engenharia sob a ótica dos alunos.** São Paulo: COBENGE, 2003

ROCHA, Henrique M.; LEMOS Washington M. **Metodologias Ativas: do que estamos falando? Uma base conceitual e relato de pesquisa em andamento.** IX Simpósio Pedagógico e Pesquisas em Comunicação, 2014.

ROCHA, Maíra et al. **The Commitment of Institutions of Higher Education in the intention of Use of Active Methodologies: Validation of an Instrument through Structural Equations.** 2018.

RONNEY, Eric; OLFE, Peter; MAZUR, Glenn. **Gemba research in the Japanese cellular phone market.** In: Proc. 12th Symp. Quality Function Deployment. 2000. p. 358374.

ROSSI, Robert D. **Improving student engagement in organic chemistry using the inverted classroom model.** ACS CHED CCCE Spring 2014 ConfChem, p. 1-20, 2014.

SHIGUNOV NETO, Alexandre. **Introdução à Gestão da Qualidade e Produtividade:** conceito, história e ferramentas. Curitiba: InterSaberes, 2016.

SHOSTACK, G. Lynn. **Service design in the operating environment.** Developing new services, p. 27-43, 1984.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 2009.

SOARES, Filomena O. et al. **An integrated project of entrepreneurship and innovation in engineering education.** Mechatronics, v. 23, n. 8, p. 987-996, 2013.

STICKDORN, Marc et al. **This is service design thinking: Basics, tools, cases.** Hoboken, NJ: Wiley, 2011.

SVENDSEN, Ann; LABERGE, Myriam. **Mapping a stakeholder network.** Retrieved March, v. 12, 2007.

TOLEDO, Renata Ferraz de; GIATTI, Leandro Luiz; JACOBI, Pedro Roberto. **A pesquisa-ação em estudos interdisciplinares:** análise de critérios que só a prática pode revelar. Interface-Comunicação, Saúde, Educação, v. 18, p. 633-646, 2014.

TRIPP, David. **Pesquisa-ação:** uma introdução metodológica. Educação e pesquisa, v. 31, n. 3, p. 443-466, 2005.

WILCZYNSKI, Vincent; ADREZIN, Ronald. **Higher education makerspaces and engineering education.** In: ASME 2016 International Mechanical Engineering Congress and Exposition. American Society of Mechanical Engineers, 2016.

WOODS, D. Problem-Based Learning: how to get the most out of PBL. Disponível em: <http://www.biology.iupui.edu/Biology?HTML_Docs/biocourses/k345/PBL_Web_Page>. Acesso em: 17 de novembro de 2017.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The future of jobs:** Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. 2016.

YOUNG DIGITAL PLANET. **Educação no século XXI:** Tendências, ferramentas e projetos para inspirar. São Paulo: Fundação Santillana, 2016. Disponível em: <<http://new.smartlab.me/baixegratis-nosso-livro-educacao-no-seculo-21/>> Acesso em: 01 de dezembro de 2017.

ZIMERMANN, A. C., SANTOS, A. C. **Movimento Maker:** um estudo exploratório por meio da teoria do enfoque meta analítico consolidado. In: XLVI – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia e 1 Simpósio Internacional de Educação em Engenharia 3 a 6 de setembro de 2018. Salvador, BA.

ZHOU, Jiyin et al. **Effectiveness of problem-based learning in Chinese pharmacy education:** a meta-analysis. BMC medical education, v. 16, n. 1, p. 23, 2016.

APÊNDICE I – LISTA DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Lista de Materiais e Equipamentos

1	3390.39	Outros Serviços de Terceiros - Pessoa Jurídica (Custeio)	
ID	Item	Especificações	Qtde
1	Fundação de Apoio	Encargos ISS	1
2	Adaptação da Infraestrutura Laboratorial	-	1

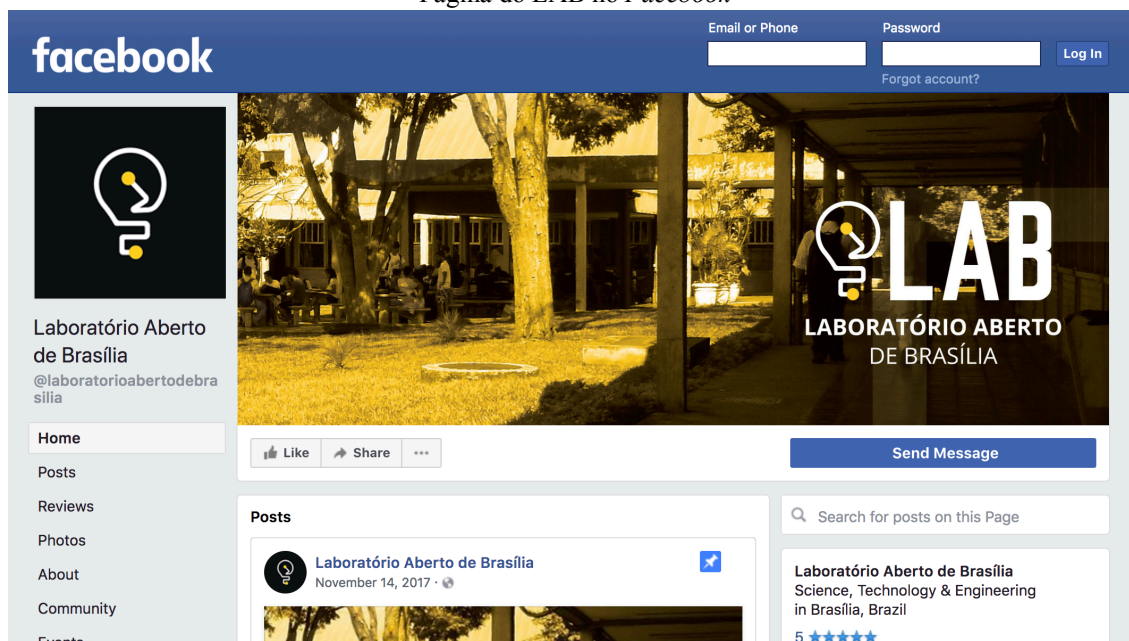
2	3390.30	Material de Consumo (Custeio)	
ID	Item	Especificações	Qtde
1	Componentes elétricos e eletrônicos	Laser, placa, eletrodos, sensores, atuadores, microsensores, etc	1
2	Chapas e barras (Estrutura mecânica)	Chapa acrílico, barra de ferro, aço, vidro, madeira	1
3	Fita Vinílica Adesiva	9mmx3m	2
4	Cartão de Memória	SD 8 Gb Micro	10
5	Filamento de ABS	1,75mm - 1,5kg	4
6	Filamento de PLA	1,75mm -1kg	4
7	Kit de ferramentas Gerais (Brocas)	Kit de Ferramentas Gerais 91 Peças V-Line Titânio	2
8	Kit chave de fenda	Kit Chaves De Fenda, Phillips E Torx 22 Pçs	2
9	Kit Chave de boca	Jogo de chave combinada de aço carbono 6 a 32 mm com 12 peças	1
10	Chaves de precisão	Jogo Chaves Torx De Precisão T4 A T20	1
11	Kit Chave Catraca	Kit Chave Catraca Reversível Jogo Soquetes 40 Pçs + Estojo	1
12	Kit Alicates	Jogo de Alicates Profissionais para Eletricista com 5 Peças	2
13	Jogo De Limas	Limas Agulha Cabo Emborrachado Com 12 Peças	1
14	Arco de Serra	Arco de serra regulável 12" AS125	2
15	Martelo	Martelo Unha de 25mm com Cabo Fibra Emborrachado	2
16	Sargentos	Grampo de Fixação Nodular Ferrari Tipo C 2"	2
17	Sargentos	Grampo de Fixação Nodular Ferrari Tipo C 5"	2
18	Kit Grampo rapido	Kit 4 Grampo Sargento Madeira 24' Aperto Rápido Profissional	2
19	Kit macho e tarraxa	Jogo Kit Macho E Tarraxa Para Fazer Rosca + Maleta 40 Peças	1
20	Oleo de lubrificacao	Óleo Lubrificante Multiusos Wd 40 - 300ml	5
21	Graxa	Graxa para rolamento 1 kg	1
22	Trena	Trena Control Series De 5 Metros +1 Trena De 2 Metros	2

23	Paquímetro	Paquímetro Analógico em Aço de até 6 Pol	1
24	Paquímetro Digital	Em Aço 150mm	2
25	Óculos proteção	-	4
26	Equipamento de Proteção Individual	-	1
27	Estilete	-	4
28	Conjunto parafuso	-	1
29	Conjunto porca	-	1
30	Esquadro de metal	Esquadro 12" Cabo em Alumínio	3
31	Regua de metal	Régua 300 Mm Aço Inox	3
32	Rebitadora	Alicate Rebitador Rebitadeira 4 Bicos Manual 40 Rebites	2
33	Multímetro Digital	-	5
34	Protoboard 104	1660 Furos Bornes P/arduino Nodemcu Raspberry	4
35	Cabo banana 1m	Par Cabo 1m Banana Banana 4mm Preto E Vermelho Fonte Bancada	10
36	Pinça banana jacaré	Par Cabo 1m Banana 4mm Jacaré Preto Vermelho Fonte Bancada	10
37	Cabo	Nº14 100m	2
38	Conjunto Alicates	Conjunto 7 Alicates	2
39	Kit chave allen	Kit Jogo Chaves Allen Hexagonais Curta E Longa Crv Com Malet	2
40	Micro brocas	Kit 50 Mini Brocas Hss Conjunto Aço Rápido Jogo Micro	2
41	Pontas diamantada	Jogo De Pontas Diamantadas Para Micro Retíficas Com 30 Peças	2
42	Rolo Carretel Solda	Rolo Carretel Solda Best - 500 Gramas 1mm - Sn60% Pb40%	2
43	Fita Dessoldadora	Malha Dessoldadora - 1,5m 3mm -	4
44	Lupa	Lupa De Mesa 10x Garras Luz Led Ajustavel Sup Solda C/ Fonte	2
45	Kit Adaptador	Kit Com 10 Adaptador Tomada Padrão Novo Antigo Benjamin T	2
46	Extensão/ fios	5 tomadas, 5 metros	6
47	Caixas Plasticas organizadoras	Conjunto de caixas para separação de materiais em uso, eletrônicos, peças, e fios.	1
48	Material de pintura	-	1
49	Material de expediente	Toner, papel, fita adesiva, limpeza	1
50	Ferramentas gerais	-	1

3	4490.52	Equipamento e Material Permanente (Capital)	
ID	Item	Especificações	Qtde Capital
1	Impressora 3D	Polímero	1
2	Impressão 3D (C.I.)	Vertical	2
3	No Break 1000VA	1000VA	5
4	Serra Tico Tico	Serra Tico Tico Com Guia Laser / 800 Watts Sh	1
5	Furadeira elétrica de bancada	Furadeira de Bancada 1/3Hp - 220V	1
6	Morsa	Morsa Torno de Bancada Numero 4	1
7	Morsa	Morsa Torno de Bancada Numero 6	1
8	Retífica	Retifica Dremel 4000 Completa + Kit 150 Peças Dremel 220v	1
9	Carro para ferramenta	Carrinho Fechado com 3 Gavetas Chaveado nº 6	1
10	Lixadeira	Lixadeira De Bancada, Cinta 4"X36", Disco 6", 375 W	1
11	Roteador wireless	Gigabit Dual Band Archer C7 Router Ac1750	1
12	Estação de solda eletrônica	Estação De Solda Fx-888 127v	2
13	Fonte de alimentação	Dc simples 30v/3a Bivolt Mps3003 Minipa	2
14	Cadeira	-	20
15	Ar Condicionado	18 mil Btus	1
16	Aspirador de pó	Aspirador Pó Água Gtw Inox 1400w Filtro Lavavel+soprador	1
17	Parafusadeira	Parafusadeira e Furadeira à Bateria GSR1000 Smart 12V com Maleta	2
18	Osciloscópio	TBS1102B 2 Canais 100 MHz - Tektronix	1

APÊNDICE II – EVIDÊNCIAS FÍSICAS

Página do LAB no *Facebook*



Fonte: extraído do *Facebook*

Website do LAB



Fonte: laboratorioaberto.com.br

Banner







LAB
 LABORATÓRIO ABERTO
 DE BRASÍLIA

24 a 27 de OUTUBRO DE 2017
**MATERIALIZANDO
 SOLUÇÕES**
 DO PROBLEMA AO PROTÓTIPO

24/10: SE INSPIRE
 25/10: CRIE
 26/10: IMPLEMENTE

Inscrições em:


APOIO:



Flyer - Frente



Fonte: Laboratório Aberto de Brasília

Flyer – Verso



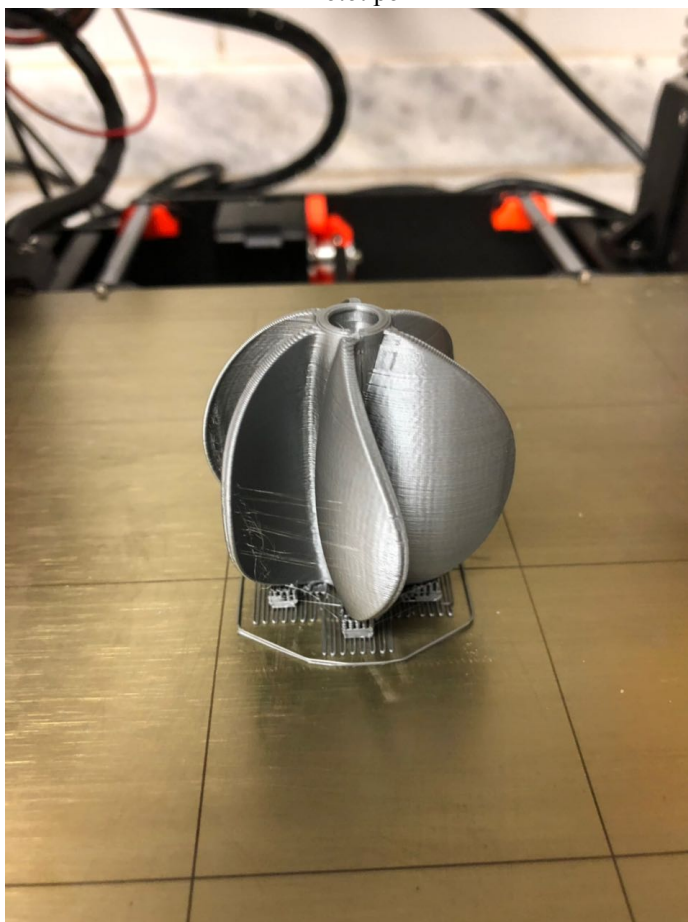
Fonte: Laboratório Aberto de Brasília

Cartão de Visitas do LAB



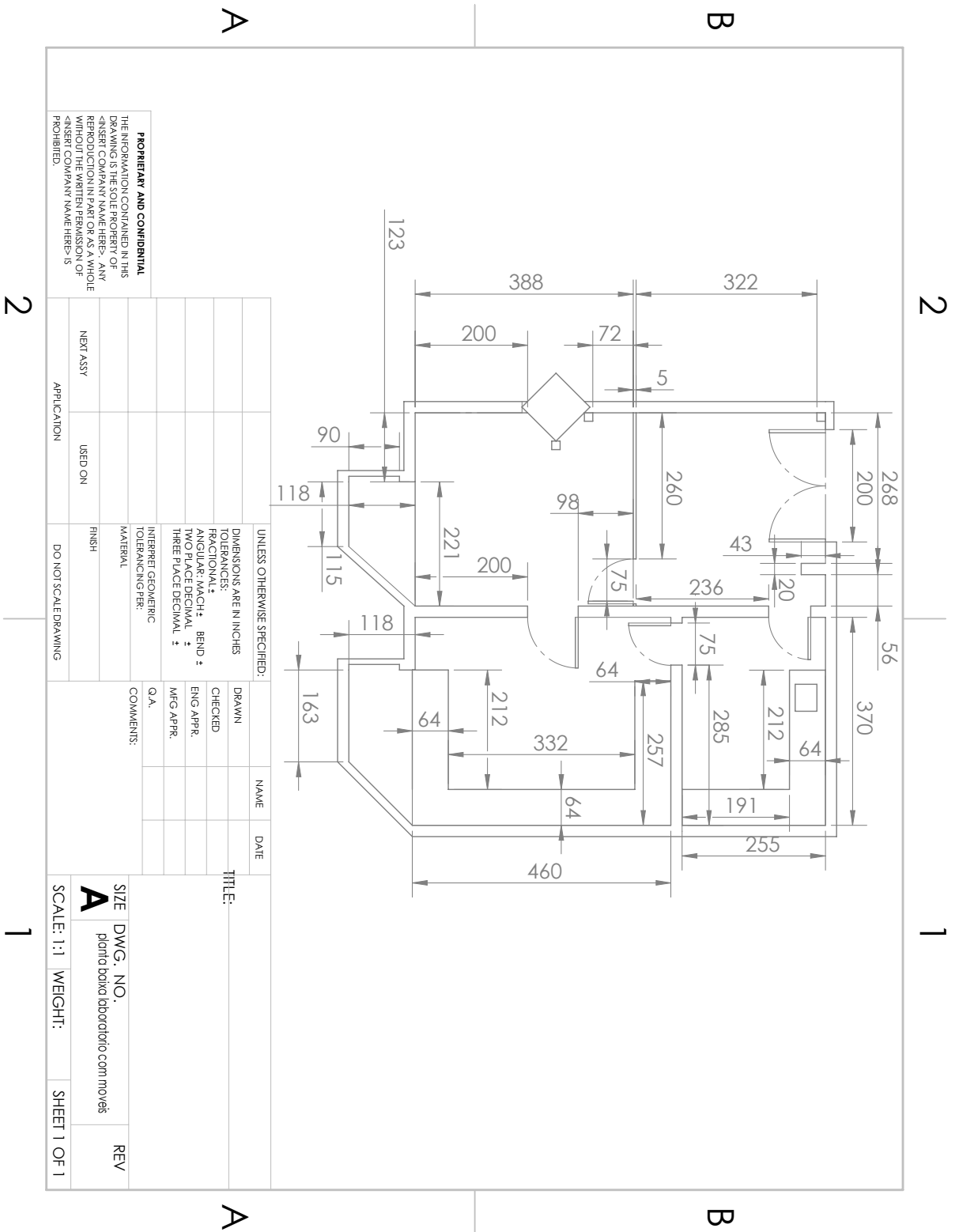
Fonte: Laboratório Aberto de Brasília

Protótipo

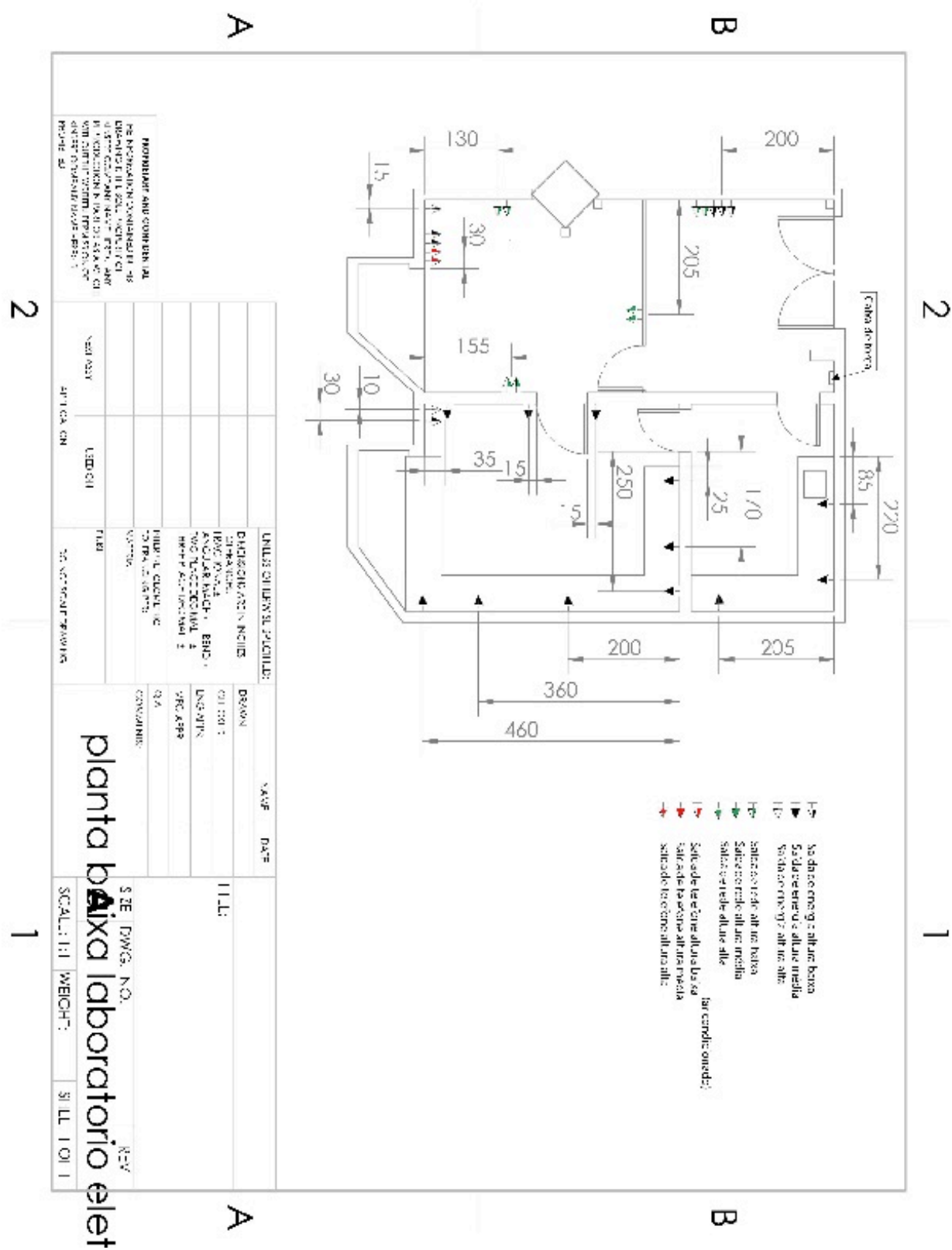


Clientes e equipe no LAB





Sala GT – 21/9 – Planta Baixa: Elétrica



Especificação Técnica – Levantamento de Carga na Rede Elétrica

08/10/2017

SEI/UnB - 1731212 - Parecer

**Universidade de Brasília**

PARECER Nº	REFERENTE AO DESPACHO FT / EPR 1659030
PROCESSO Nº	23106.117954/2017-24
INTERESSADO:	DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
DE:	COORDENAÇÃO TÉCNICA DIMEQ
PARA:	FT VIA PRC DIMAP

Especificação Técnica - Levantamento de Carga na Rede Elétrica

De acordo com o pedido, avaliação de Carga na Rede Elétrica para instalação de ar condicionado no Departamento de Engenharia de Produção - FT, nas dependências do Bloco G, referente ao Despacho FT / EPR [1659030](#), e juntamente com o parecer técnico/relatório de dimensionamento da carga térmica elaborado pelo Engenheiro Mecânico Fernando Dockhorn da DIMEQ [1673113](#), sendo o local abaixo:

- Laboratório LABSAM - GT-21/9: 1 equipamento de 30.000 BTU/h (monofásico);

Têm-se o seguinte parecer:

Trata-se de **substituição** à equipamento já existente e posterior aquisição por parte do setor interessado.

Após vistoria e avaliação de cada sala e quadro elétrico (mais próximo da instalação e também os subsequentes) verificou-se que **há carga elétrica** para a instalação do ar condicionado, o(s) quadro(s) elétrico(s) possuem espaço para a criação de novos circuitos, e em outros ambientes pode ser necessário uma ampliação ou instalação de novos quadros elétricos e acréscimo de circuitos individuais, que devem atender as normas de segurança.

Para os casos de substituição de equipamento há a necessidade de verificar se o novo equipamento possuirá a mesma potência do antigo, para utilização do mesmo circuito elétrico existente. E também se faz necessário a análise destes circuitos existentes, condições, desgastes e etc, que também devem atender as normas de segurança.

Se necessário, após a ampliação ou instalação de novos quadros elétricos e acréscimo de circuitos individuais, seguir as especificações de instalações elétricas abaixo, de acordo com o dimensionamento da carga térmica e elétrica.

O ar condicionado mencionados é de 30.000 BTU/h, sendo:

- **30.000 BTU/h (monofásico 220V), sendo:**

Potência refrigeração = 8.793 W

Eficiência Energética - EER (W/W) = 3,02

Potência Elétrica = 2.911,58 W

Corrente projeto - i_p = 13,23 A

08/10/2017

SEI/UnB - 1731212 - Parecer

$i_p \leq i_{dj} \leq i_{cc}$ (Proteção Contra Correntes de Sobrecarga)

Fator de agrupamento de cabos = 0,65

$i_{cc} = 20,8 \text{ A}$ e $i_{dj} = 20 \text{ A}$

Após cálculos acima, tem-se Disjuntor de 20 A, com um Cabo de 4 mm².

Por padronização da PRC deve-se seguir os seguintes requisitos para a instalação do ar condicionado em questão:

Utilização de **Disjuntor de 32 A**, com um **Cabo de 4 mm²**, para que a proteção dos condutores fique assegurada e tenha um bom desempenho do equipamento.

Informo que nesta sala serão instaladas também 4 impressoras 3D, com potência somada de 2.400 W.

Se houver a necessidade de criação de novos circuitos para as 4 impressoras, utilizar no mínimo um Disjuntor de 10 A, com um Cabo de 2,5 mm² para cada circuito.

A DIMEQ está à disposição para quaisquer esclarecimentos.

Atenciosamente,



Documento assinado eletronicamente por **Elías Guimarães Francisco, Engenheiro(a) da Prefeitura da UnB**, em 06/10/2017, às 15:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



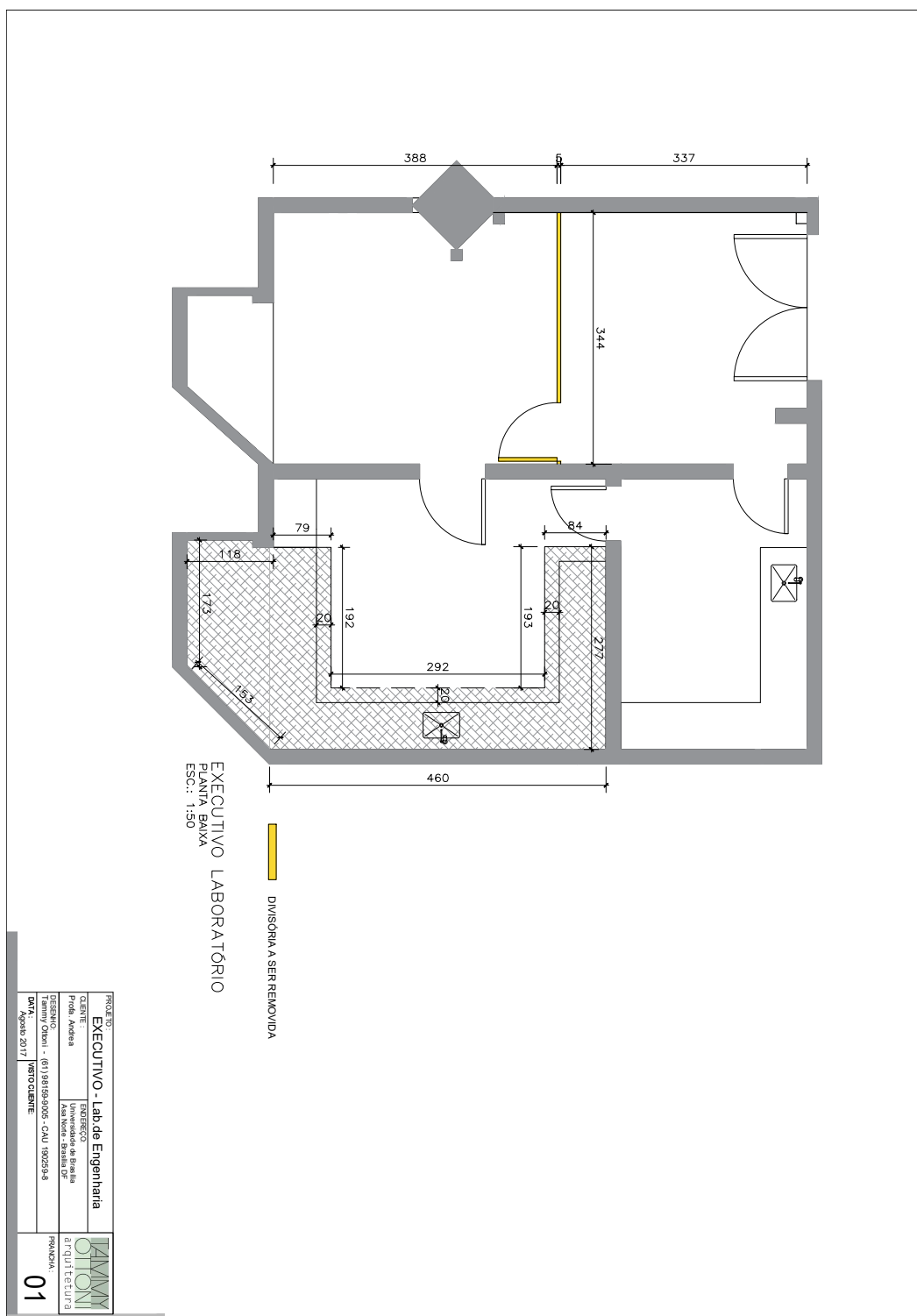
A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.unb.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1731212** e o código CRC **35E4C347**.

Referência: Processo nº 23106.117954/2017-24

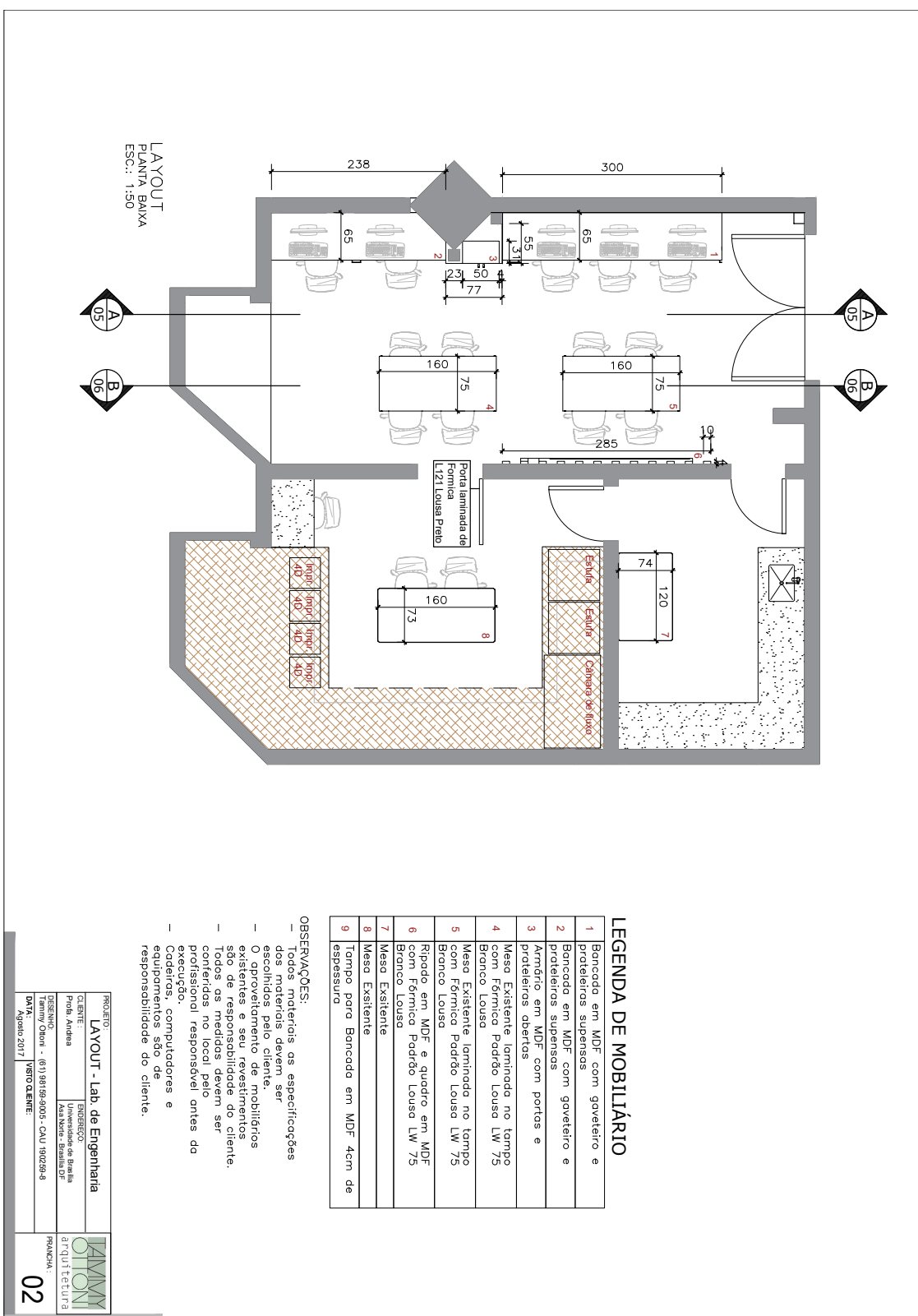
SEI nº 1731212

Criado por 98982478191, versão 5 por 98982478191 em 06/10/2017 15:26:26.

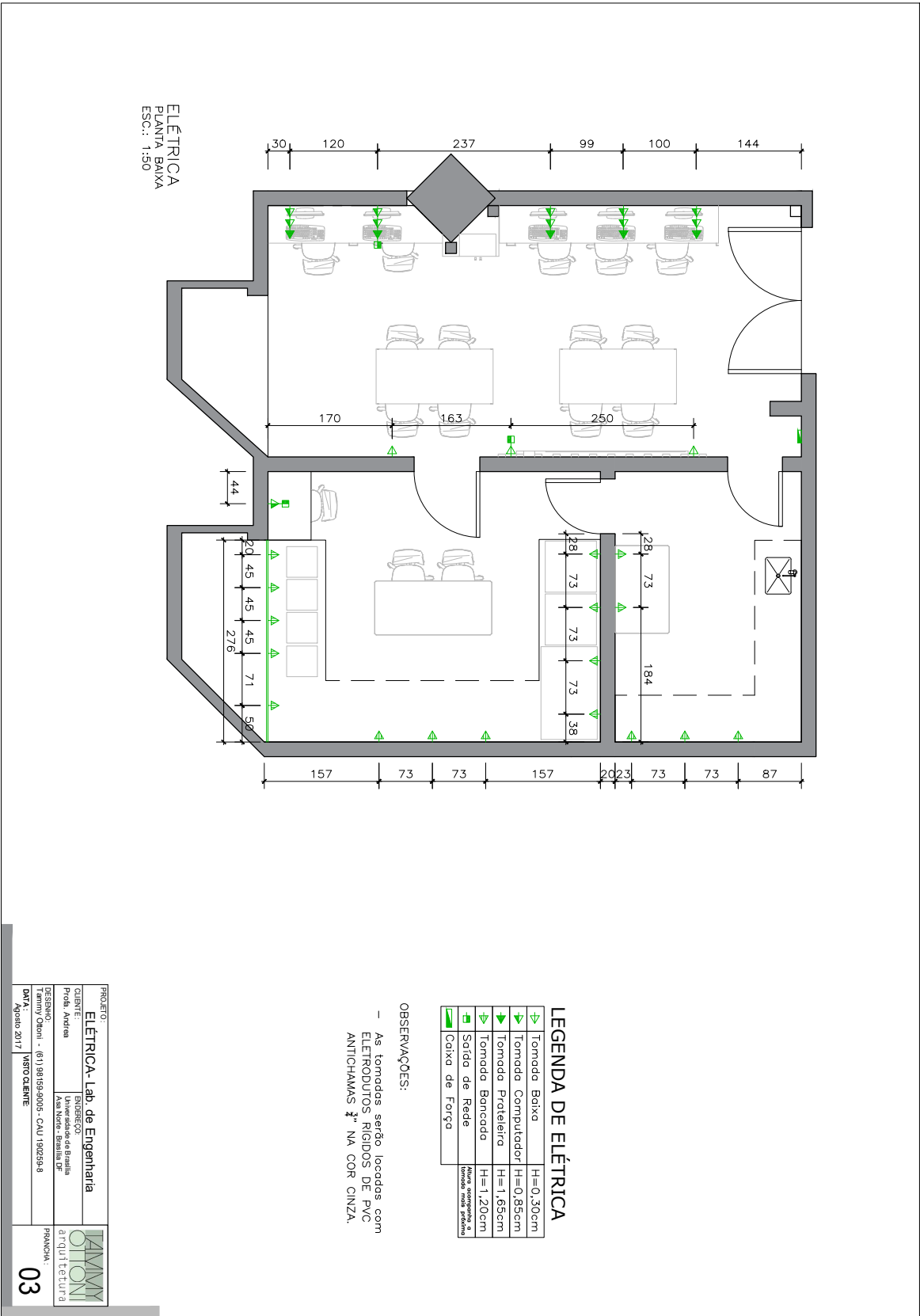
LAB - Planta Baixa: Projeto Executivo



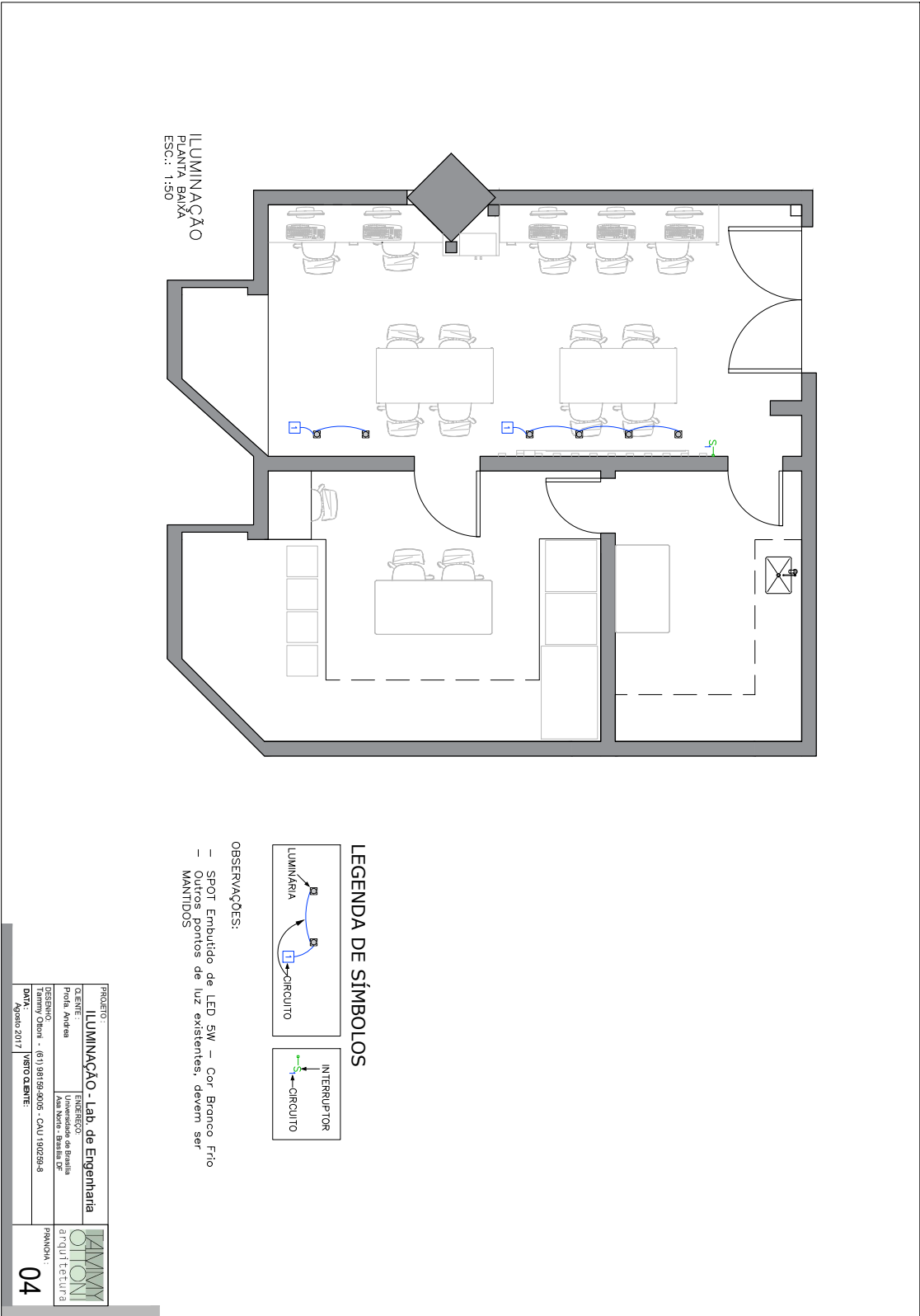
LAB – Planta Baixa: Novo *Layout*



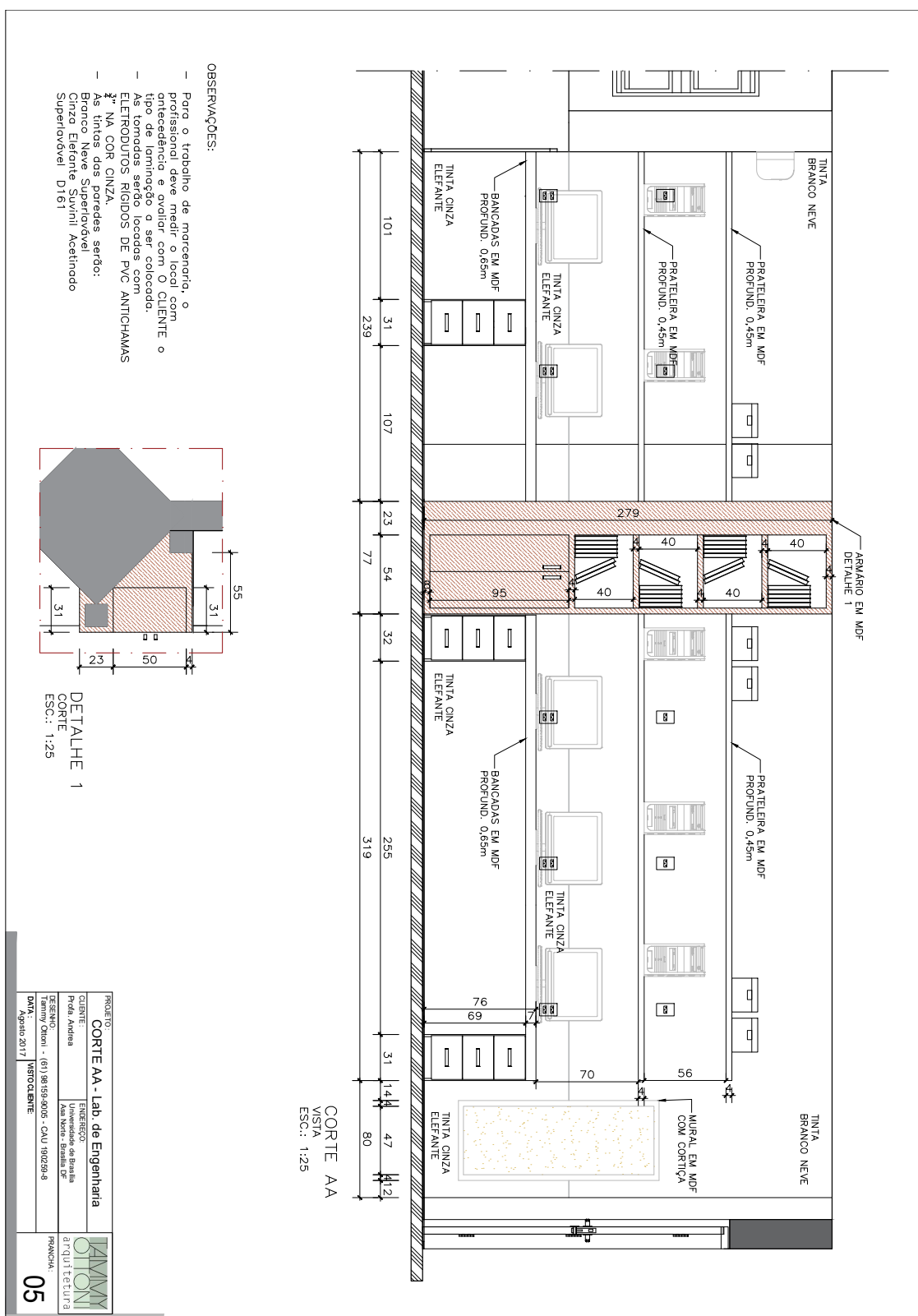
LAB – Planta Baixa: Projeto Elétrico



LAB – Planta Baixa: Projeto de Iluminação



LAB – Vista Lateral: Parede Armários



LAB – Vista Lateral: Parede Quadro Branco

